

REMERCIEMENT

Avant tout je remercie Allah, le tout puissant d'avoir éclairé ma vie, renforcé mon courage et ma volonté pour finir ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement mon encadreur Mr. BELHADJ Foudil pour sa confiance, qu'il a bien voulue. D'avoir accepté de diriger ce mémoire. Mes plus vifs remerciements vont également aux Enseignants du département de TIC et de l'informatique pour leur dévouement et leur générosité.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce manuscrit.

Je tiens à manifester ma reconnaissance à :

ma famille pour leur soutien et leur amour indéfectibles, à mes amis et collègues pour leur présence et leur appui.

En fin, à tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1 :Problème de détection de fissures	
1-Introduction	3
2-Les dégradations de surface de chaussées.....	3
2-1-Structure d'une chaussée	3
2-2-Définition de fissure.....	3
2-3-Type fissures.....	4
2.3.1.Fissure transversale	4
2.3.2.Fissure longitudinale	4
2.3.3.Le faïençage.....	4
2-4- Méthodologies pour le relevé de dégradations	5
2-4-1-Les méthodes manuelles.....	5
2-4-2-méthodes automatiques	5
3- Etat de l'art sur les méthodes actuelle de détection des fissures	6
3-1-Les étapes pour la détection des fissures.....	6
3-2-Methodes actuelle de détection des fissures	6
3-2-1-Méthodes par seuillage et morphologie mathématique	6
3-2-2.Méthodes par apprentissage	7
3-2-3.Méthode par transformation en ondelettes avec modélisation markovienne	7
4-Conclusion.....	8
Chapitre 2 : Segmentation d'images de la chaussée par la méthode CTA	
1-Introduction	9
2- Processus de détection de fissures	9
2-1-Prétraitements	10
2-1-1- Opérations morphologiques d'ouverture.....	10
2-2.Définition de la CTA.....	11
2-2-1-Mise en œuvre de la CTA.....	12
2-2-2. La CTA pour la segmentation d'images de chaussées	13
2-3-Binarisation par seuillage à deux niveaux	17
2-3-1.Détermination automatique de seuils	17
2-4--Post-traitement.....	18
2-4-1- Opérations morphologiques de Fermenteur.....	18

3-Conclusion.....	19
Chapitre 3 : réalisation et mise en œuvre	
1-Introduction	20
2- environnement du travail	20
3-implementation	20
3-1-configuration l'orientation et calculer les attributs	20
3-2-estimation les attributs.....	21
3-3-detection de la fissure utilisant Conditional Texture Anisotropy	21
3-4-Calcul de la distance de Mahalanobis	21
3-5-Otsu seuillage	22
4-Présentation de l'application :	22
4-1-Présentation d'Interface.....	22
5- Tests et évaluation	23
6-Conclusion.....	25
Conclusion générale.....	26

Table des figures

Figure 1-1. Structure d'une chaussée	3
Figure-1.2 Types de fissures.....	4
Figure-1.3 Dispositif d'acquisition d'image de surface de chaussées.....	5
Figure 1.4 Les étapes pour la détection des fissures	6
Figure 2.1 Processus de détection des fissures	9
Figure 2.2 Technique de prétraitements appliqués à la base de données d'image inspectée	10
Figure 2.3 Ouverture de l'image d'origine par l'élément structurant.....	11
Figure 2.4 Schéma de la méthode CTA de F.Roli	13
Figure 2.5 Configurations d'orientations pour calculer les attributs de texture de pixel L.....	14
Figure 2.6 illustration la distance d	15
Figure 2.7 Représentation de la distribution de possibilité associée à X1.....	16
Figure 2.8 Principe sup-min pour la mesure du niveau de consensus entre deux sources	16
Figure 2.9 Fermeture de l'image d'origine par l'élément structurant.....	18
Figure 3.1 interface utilisateurs	22
Figure 3.2 résultat de test algorithme de CTA sure image de chaussées.....	23
Figure 3.3 résultat de test pour distance d=2	24
Figure 3.4 résultat de test pour distance d=6	24

INTRODUCTION GENERALE

Les routes sont importantes infrastructures jouant un rôle primordial dans le développement des peuples ,ayant une grande influence sur la croissance économique et la mobilité des personnes. En conséquence, de nombreux véhicules utilisent des routes chaque jour, ce qui provoque une dégradation continue sur les surfaces des chaussées. Ces dégradations sont des indicateurs importants de l'état et d'évolution d'un réseau routier pouvant engendrer d'autres problèmes plus graves et plus coûteux à réparer.

L'évaluation de la qualité des routes est une tâche importante dans de nombreux pays ,Pour estimer la qualité, La gestion des infrastructures routières nécessite de disposer d'un état des lieux précis de la surface de chaussée. Au début, toutes ces inspections ont été réalisées manuellement, des agents étaient envoyés sur la route pour observer et noter les dégradations. Ce type d'inspection est coûteux, et risqué pour les personnes en particulier sur les routes avec un volume de trafic élevé, il est également sujet à l'erreur et à l'incohérence.

Pour surmonter le processus d'évaluation visuelle subjective, au cours des dernières années, différentes recherches consacrées à développer des systèmes d'inspection automatique de la surface de chaussée consistant en deux grandes parties : une partie concernant l'acquisition de l'image de la chaussée et une autre dédiée à l'analyse de ces images et l'interprétation des données (figure 1).

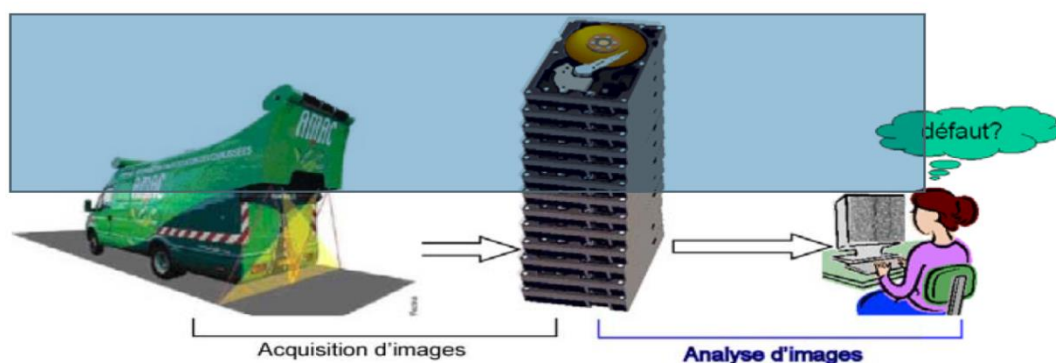


Figure 1. Méthode de relevé de dégradations sur la surface de chaussée

L'acquisition de l'image n'est pas vraiment le cas de l'automatisation de l'analyse des images. Plusieurs systèmes d'acquisition sont utilisés par les gestionnaires routiers. Ils sont capables d'acquérir des images de chaussées de bonne qualité et à haute vitesse. Cependant, l'analyse

des dégradations sur ces images est, dans la plupart du temps, réalisée par des opérateurs en laboratoire.

1-Problématique

L'automatisation de détection des fissures est une tâche très difficile. Car il s'agit de détecter des objets fins et sombres sur un fond texturé très bruité. La difficulté à distinguer les fissures vient du fait que la granularité de la texture dans l'image de chaussée peut correspondre à la largeur des fissures et les intensités de certains pixels de la fissure correspondent aux intensités présentes à la surface de la chaussée. De plus, le revêtement de la surface de la chaussée, l'éclairage non constant, les objets qui peuvent être présents et les marquages routiers rendent cette tâche plus délicate

2-Objectif

L'objectif principal de ce travail est de mettre en œuvre d'un système d'analyse des images de chaussées pour détecter automatiquement des fissures éventuelles en utilisant une approche basée sur des techniques de traitement d'image numériques.

3-Organisation de mémoire

Le présent mémoire est organisé autour de quatre chapitres:

- Chapitre 1 traite le problème de détection de fissures sur la surface de chaussés et il présente un état de l'art sur les méthodes de détection automatique de la fissure en utilisant des techniques de traitement d'image. Une architecture d'un système de détection des fissures automatique est présentée.
- Dans le deuxième chapitre, nous discutons notre méthode adoptée pour la détection des fissures basée sur la CTA (Conditional Texture Anisotropy).
- Dans le troisième chapitre nous allons présenter la conception de système de détection de fissure et nous expliquons les étapes de réalisation.
- Le quatrième chapitre est consacré à la réalisation expérimentale et l'analyse des résultats expérimentaux obtenus.

Enfin, on termine ce manuscrit avec une conclusion générale qui illustre les différentes étapes pertinentes de ce projet ainsi que les perspectives de ce travail.

Chapitre 1 :

Problème de détection de fissures

1-Introduction

L'objectif dans ce chapitre est de donner une vision globale sur les dégradations de surfaces de chaussées. Dans un premier temps, nous présentons les fissures que l'on doit détecter, et des types de fissuration qui peuvent survenir dans la chaussée, et se termine par une présentation de l'état de l'art sur les méthodologies existant pour les détecter.

2-Les dégradations de surface de chaussées

2-1-Structure d'une chaussée

Une surface de chaussée est une structure multicouche se constituant en trois parties principales ayant, chacune, un rôle bien défini (figure 1-1 ci-dessous)

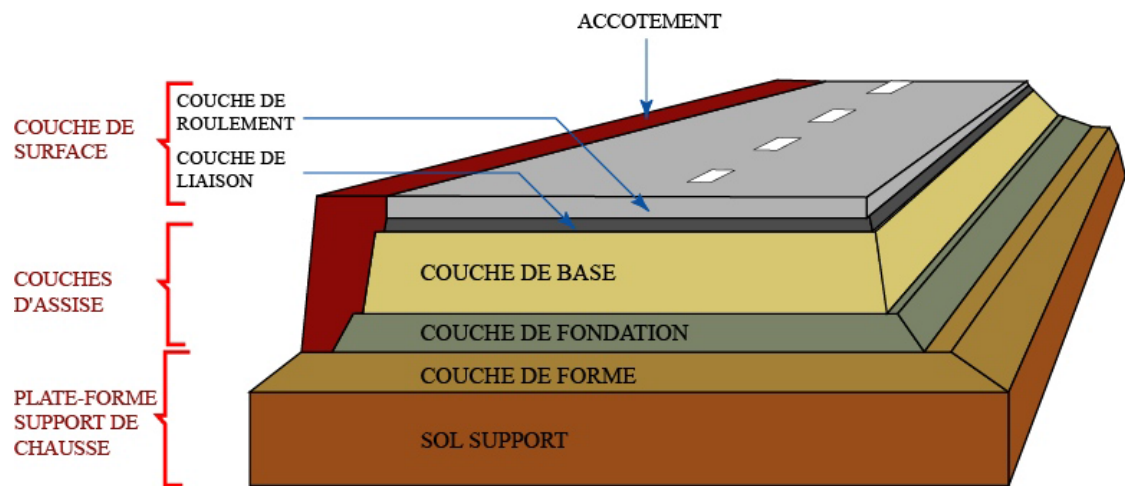


Figure 1-1. Structure d'une chaussée

La couche de surface est formée d'une couche de roulement, qui est la couche supérieure de la chaussée. Cette couche protège la chaussée et assure la protection des couches d'assise des différents dégradations, Parmi les diverses dégradations qui peuvent exister sur la surface des chaussées sont celles de « type fissure ». [10]

2-2-Définition de fissure

Par définition, une fissure est une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée, Dans le contexte du traitement d'images, une fissure est définie comme un ensemble de pixels qui sont plus sombres que le fond. En outre, une fissure peut être définie comme un ensemble de petits segments connectés de différentes qui possèdent éventuellement des orientations différentes. [11]

2-3-Type fissures

Plusieurs types des fissures sont possibles sur la route, quelques exemples sont données ici et illustrées par les images présentées dans la figure 1.2 . Selon le catalogue des dégradations on distingue trois types de fissures :

2.3.1.Fissure transversale

Les fissures transversales sont perpendiculaires à l'axe de circulation de la chaussée.Elles peuvent être isolées ou espacées périodiquement

2.3.2.Fissure longitudinale

Les fissures longitudinales sont parallèles à l'axe de circulation de la chaussée. On peut distinguer celles qui apparaissent exclusivement dans une bande des roulements de celles qui sont non spécifiques aux bandes de roulement.

2.3.3.Le faïençage

Est un ensemble des fissures entrelacées ou maillées formant une série de polygones. On distingue le faïençage dans les bandes de roulement, le faïençage non spécifique aux bandes de roulement et le faïençage circulaire.

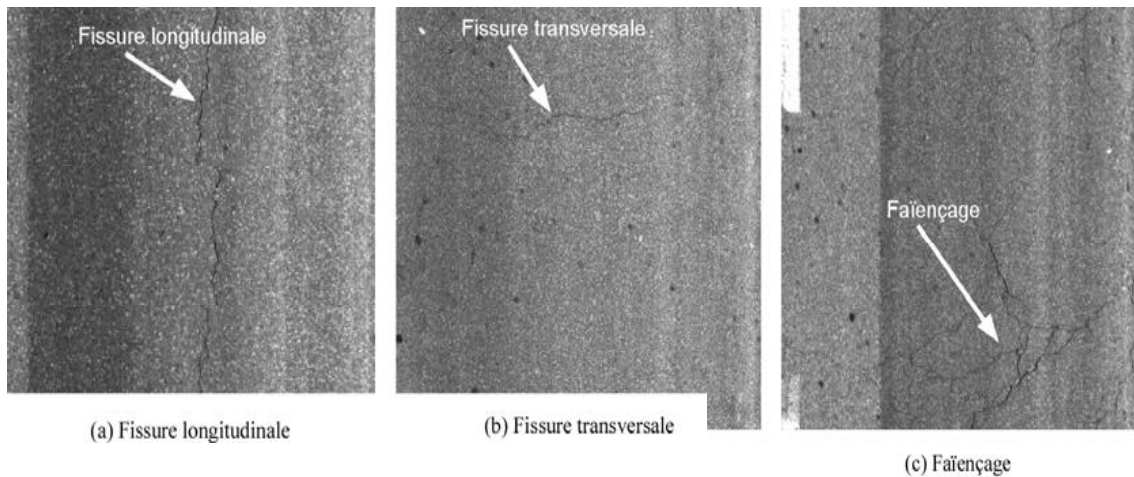


Figure-1.2 Types de fissures

Nous mentionnons également les fissures de joint, les fissures d'adaptation, les fissures fines, fissures obliques, les fissures diverses de surface . . . etc. Pour avoir plus de détails le lecteur peut consulter [2] [10] [11].

2-4- Méthodologies pour le relevé de dégradations

Le but des relevés est de faire une évaluation de l'état de la route à travers un relevé des dégradations observables en vue d'assurer une prise de décision au sujet du programme de renforcement rendu nécessaire dans le cas d'une dégradation

2-4-1- Les méthodes manuelles

Inspections visuelles sont complétées par un expert qui est formé pour évaluer la surface de chaussée selon les spécifications d'identification de fissure de l'agence, L'expert marche sur le côté de la chaussée et remplit un formulaire d'état de la chaussée qui décrit la quantité, l'étendue et la gravité de chaque fissure.

2-4-2- méthodes automatiques

Relevés automatisés utilisant des véhicules technologiquement complexes voyageant à des vitesses d'autoroute pour recueillir et stocker des données (figure 3). Il existe plusieurs types de véhicules d'inspection des chaussées automatisés, Toutefois, ceux-ci partagent tous le même objectif de collecte de données précises sur l'état de la chaussée. Comme on peut Observer dans la figure 1-3 ci-dessous[11]



Figure-1.3 Dispositif d'acquisition d'image de surface de chaussées

3- Etat de l'art sur les méthodes actuelle de détection des fissures

3-1-Les étapes pour la détection des fissures

De nombreuses méthodes ont été introduites pour détecter et classifier les fissures sur des images de surfaces de chaussées, il faut distinguer ces différentes étapes qui peuvent être exécutées afin de détecter des fissures [8] :

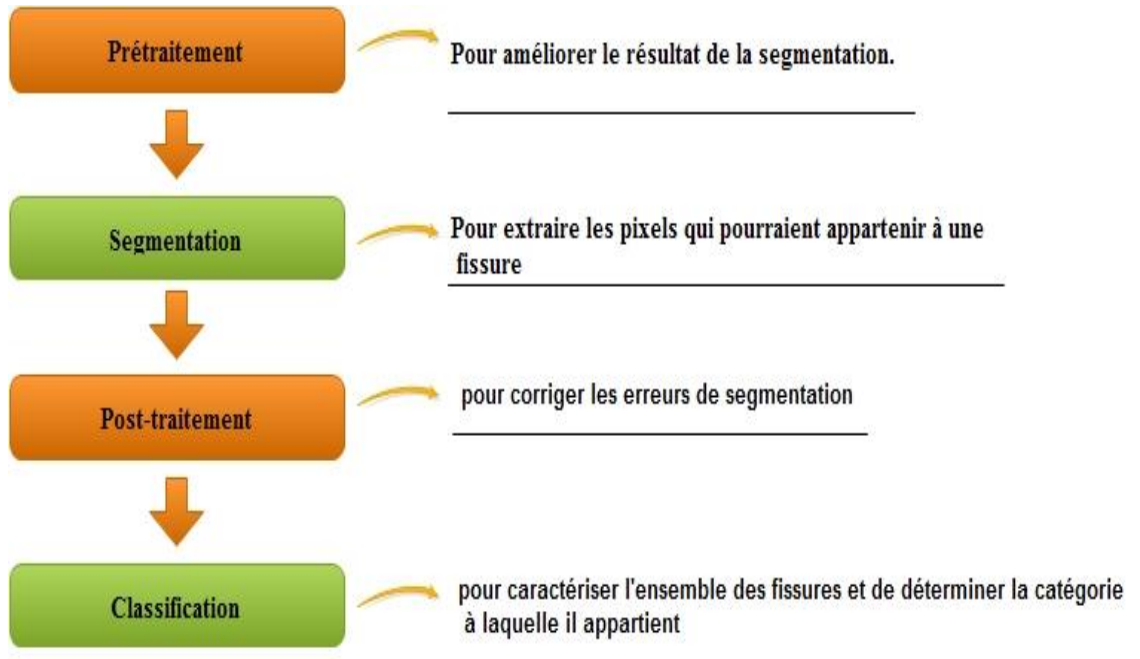


Figure 1.4 Les étapes pour la détection des fissures

On note que les étapes de prétraitement de l'image et de post-traitement des résultats ne sont pas essentielles et ne sont pas toujours réalisées dans les méthodes de détection, mais dans certains cas elles sont nécessaires pour avoir des résultats plus fins .Notre travail porte essentiellement sur la deuxième étape.

3-2-les Méthodes actuelle de détection des fissures

3-2-1-Méthodes par seuillage et morphologie mathématique

Les méthodes par seuillage sont les plus classiques, les plus anciennes et les plus populaires car elles sont simples à implémenter et peu coûteuses en temps de calcul. Cette méthode commence par une étape de pré-traitements en utilisant soit une érosion, soit un filtrage médian, soit de l'histogramme pour augmenter le contraste des fissures par rapport au fond. Puis on réalise une étape de binarisation par seuillage local.

L'étape de segmentation correspond à une analyse de la forme et de la taille de composantes connexes.

3-2-2.Méthodes par apprentissage

Un grand nombre des méthodes de détection des fissures s'appuie sur des réseaux des neurones, ces qui comportent une étape d'apprentissage utilisant des statistiques de l'image pour aboutir à l'apprentissage du réseau de neurones. Il s'agit de deux réseaux de neurones : un jouant le rôle d'un classificateur entre images avec fissures est sans fissures, et un autre pour déterminer le type de défaut (fissure longitudinale, transversale . . . etc.). L'inconvénient de ce type d'algorithmes est qu'ils nécessitent l'étape d'apprentissage afin de fixer les paramètres du système ce qui n'est pas évident à mettre en œuvre dans le cadre de l'application visée.

3-2-3.Méthode par transformation en ondelettes avec modélisation markovienne

Cette méthode utilise la transformée en ondelettes.L'une des principales difficultés à appliquer une décomposition en ondelettes concerne le choix de la fonction ondelette mère. De nombreuses fonctions sont utilisées dans la littérature: Haarwavelet, Gaussian derivatives,. Par conséquent, un filtrage adaptatif est bien conçu pour le problème. L'algorithmme général de la méthode est le suivant :

entrez des images de niveaux de gris
Init : - Sélectionnez le nombre d'échelles et le nombre d'orientations
Steps : 1-Application d'un filtre adapté à la texture de l'image pour chaque échelle et chaque orientation (on suppose que la fissure peut avoir 4 orientations différentes) 2-Binarisation de l'image (seuillage) ; 3-Segmentation par modèle markovien pour chaque échelle.

Table 1.1 processus de détection de la fissure

-Le nombre d'échelles pour le filtrage adapté doit être choisi dépend de la résolution de l'image. En supposant une résolution de 1 mm par pixel, on peut choisir cinq échelles. En outre, le nombre de directions, on suppose que la fissure peut avoir 4 orientations différentes, le filtrage adapté est appliqué dans chaque échelle, chaque direction et tous les résultats sont fusionnés, ce filtrage est utilisé pour initialiser le modèle de Markov.[5] [11]

4-Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le contexte du travail concernant la nature du problème. Après avoir présenté les différents types de fissures ainsi qu'une description détaillée des techniques actuelles pour les détecter.

La nature de la surface de la route pose de nombreuses difficultés lors de l'application des routines de traitement d'image ,Un certain nombre d'algorithmes de traitement d'image, ont été mises en évidence dans le contexte de la luminosité de pixel et analyse de texture pour détecter et classifier des caractéristiques grands défauts des surfaces texturées à partir d'images de la surface de route, pare contre la détection de très petits défauts. Tels que des fissures, n'a pas reçu beaucoup d'attention.

La méthode que nous présentons dans la le chapitre suivant répond à ce problème. Cette méthode prendre en compte les caractéristiques spatiales des pixels.

Chapitre 2 :

Segmentation d'images de la chaussée par la méthode CTA
(Conditional Texture Anisotropy)

1-Introduction

La recherche des défauts sur la chaussée peut se présenter comme la recherche de bruit dans une texture. On a à trouver des caractéristiques stables de la texture de chaussées qui fournissent des valeurs différentes en présence de défauts. La texture d'une surface de chaussée sans défaut peut présenter des caractéristiques (moyenne de la luminance) et de ses attributs de forme que l'on souhaite utiliser pour détecter la présence de fissure. Dans ce travail, nous allons présenter notre processus de segmentation des images de chaussées en utilisant la CTA (Conditional Texture Anisotropy).

2- Processus de détection de fissures

La figure 2.1 présent le Processus de détection des fissures avec la méthode de CTA

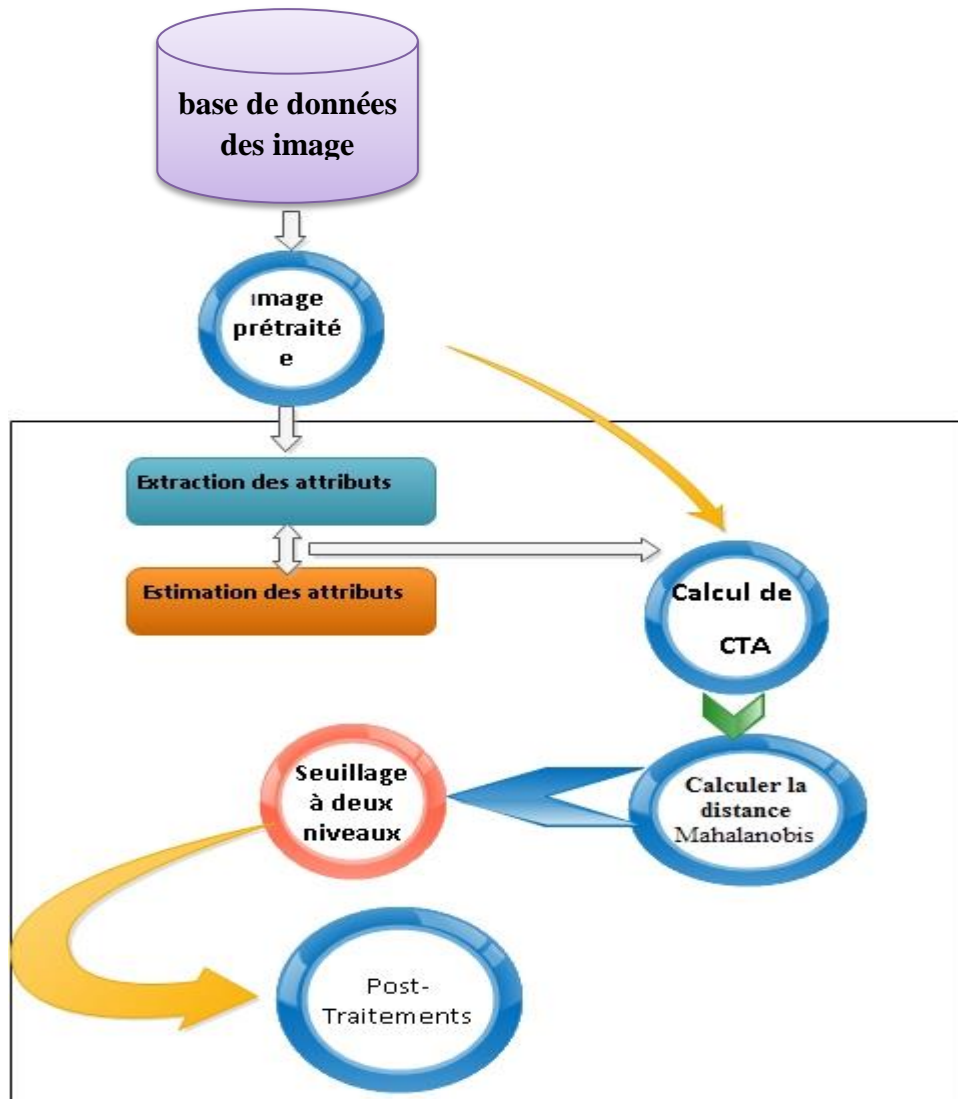


Figure 2.1 Processus de détection des fissures

2-1-Prétraitements

Le rôle de l'étape de prétraitement consiste à éliminer, autant que possible, le bruit et lisser (smoothing) la texture de la surface de chaussée qui gênera la détection des fissures.

Prétraitement de l'image n'est généralement pas un traitement unique, mais un schéma comprenant de multiples traitements. La séquence de ces traitements sont étroitement liés aux caractéristiques de l'image, qui peuvent être résumées comme suit :

Caractéristique 1: l'éclairage d'image de fond ne sont pas uniformes, il se peut que l'intensité de la lumière de l'environnement soit inégale, en particulier dans le cas de l'éclairage artificiel.

Caractéristique 2: Il y a quelques fissures sur l'image (bruit isolé : zone d'image contenant des fissures) [11]

La méthode de prétraitements utilisée est indiquée par la figure 2.2

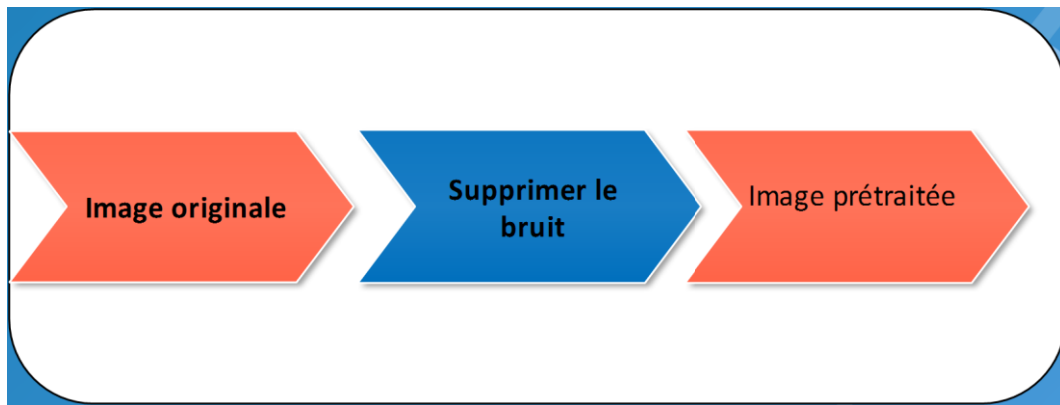


Figure 2.2 Technique de prétraitements appliqués à la base de données d'image inspectée

2-1-1- Opérations morphologiques d'ouverture

Les opérations morphologiques sont généralement appliquées sur les images binaires. Certaines techniques de traitements sont également applicables aux images en niveaux de gris, telle que l'érosion et la dilatation. L'application d'une fermeture morphologique en effectuant au moins un filtre local (érosion) avec le même élément structurant sur les images en niveaux de gris est une réduction de la luminosité des zones sombres. Pour des images de la surface de chaussées, elle a comme effet de réduire la variance d'intensité des pixels dans les zones non-fissurées. De cette manière, l'éclairage non uniforme de fond peut être extrait avec succès.

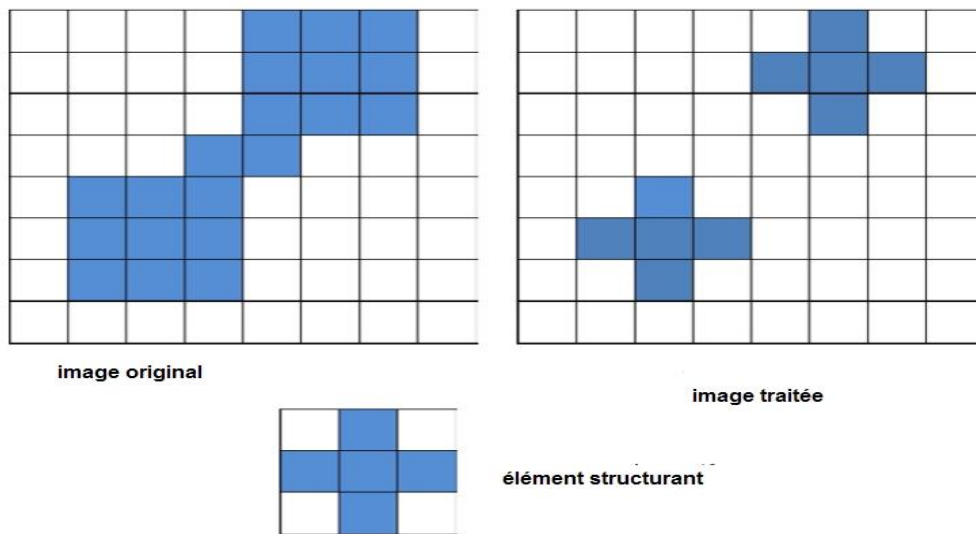
L'ouverture de A par B, notée $A \bullet B$, est simplement une opération d'érosion suivie d'une opération de dilatation défini comme suit :

$$A \bullet B = (A \ominus B) \oplus B \quad (1)$$

Une autre définition de l'ouverture est qu'il est l'union de tous les ensembles contenant l'élément structurant dans l'image d'origine définie comme suite :

$$A \bullet B = \bigcup \{ (\hat{\beta}_x) \mid (\hat{\beta}_x) \subseteq A \} \quad (2)$$

l'opération d'ouverture est un opérateur idempotent, en l'appliquant plus d'une fois ne produit aucun effet supplémentaire. [1]



-] Figure 2.3 Ouverture de l'image d'origine par l'élément structurant

2-2.Définition de la CTA

La CTA (Conditional Texture Anisotropy) a été introduite par F. Roli, L'idée principale est de trouver une mesure qui a une valeur différente dans une direction (le long de l'orientation de la fissure) entre d'autres directions. Pour caractériser le degré d'appartenance à une fissure de chaque pixel l , la CTA, est défini pour caractériser chaque pixel de la surface inspectée par la formule suivante :

$$CTA(X^l) = \frac{Max\{p(x_{\theta}^l / l \in w_1)\} - Min\{p(x_{\theta}^l / l \in w_1)\}}{Max\{p(x_{\theta}^l / l \in w_1)\}} \quad (3)$$

- On suppose que $C = \{C_1, \dots, C_n\}$ est l'ensemble de toutes les classes de textures inspectées. N est le nombre de types de textures Pour une classe de texture donnée C_i , soit w_1 la classe des pixels sans défaut et w_2 la classe des pixels défaut

- chaque pixel de texture inspectée est caractérisé par un ensemble des attributs de texture m et que chaque attribut est calculée long des orientations différentes n (par exemple, 0, 45, 90, 135), Par conséquent, la texture de chaque pixel l peut être représenté par le vecteur de attribut $X^l = (x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l)$ et composé des sous vecteurs $X^l = (mesure_{\theta}^l 1, mesure_{\theta}^l 2, \dots, mesure_{\theta}^l m)$ correspondant aux m mesures suivant différentes orientations θ .
- La fonction $p(x_{\theta}^l / L \in w_1)$ (avec w_1 la classe des pixels sans défaut) nécessaire pour le calcul de la CTA et peut être calculée à l'aide d'une méthode paramétrique ou non paramétrique. Elle fournit une probabilité d'appartenance du pixel à la classe des pixels sans défaut : proche de 1 pour une zone sans défaut et proche de 0 pour un défaut.

Il vaut la peine de noter que la mesure CTA est calculée à partir de la description de la texture originale fournie par le vecteur X^l . En particulier, la mesure CTA est calculée comme une fonction non linéaire du X^l qui effectue une transformation de l'espace des attributs dimensionnels ($n \times m$) vers un espace 1D. À partir de cette définition donnée par l'équation (2.1), on peut déduire que :

- CTA (X_i) prend des valeurs entre 0-1
- CTA (X_l) prend des valeurs faibles (proches de 0) pour un pixel sans défaut, car les probabilités pour que ces pixels appartiennent à la classe de texture sans défaut w_1 sont très proches pour toutes les orientations.
- les valeurs de la fonction CTA(X_l) sont proches de 1 pour des pixels comportant des fissures (en présence de défauts, la valeur de p sera très faible le long des autres orientations).

Cette mesure de CTA est qualifiée de conditionnelle car elle prend en compte une mesure de type de texture à inspecter. Cette mesure permet de mettre en valeur les défauts caractérisés par des zones continues de pixels de luminance proche, dans un environnement de texture aléatoire comme c'est le cas sur une surface de chaussées. [7]

2-2-1-Mise en œuvre de la CTA

La détection (ou plus précisément la segmentation) des fissures a été réalisée en deux étapes : étape d'apprentissage et étape de détection. [10]

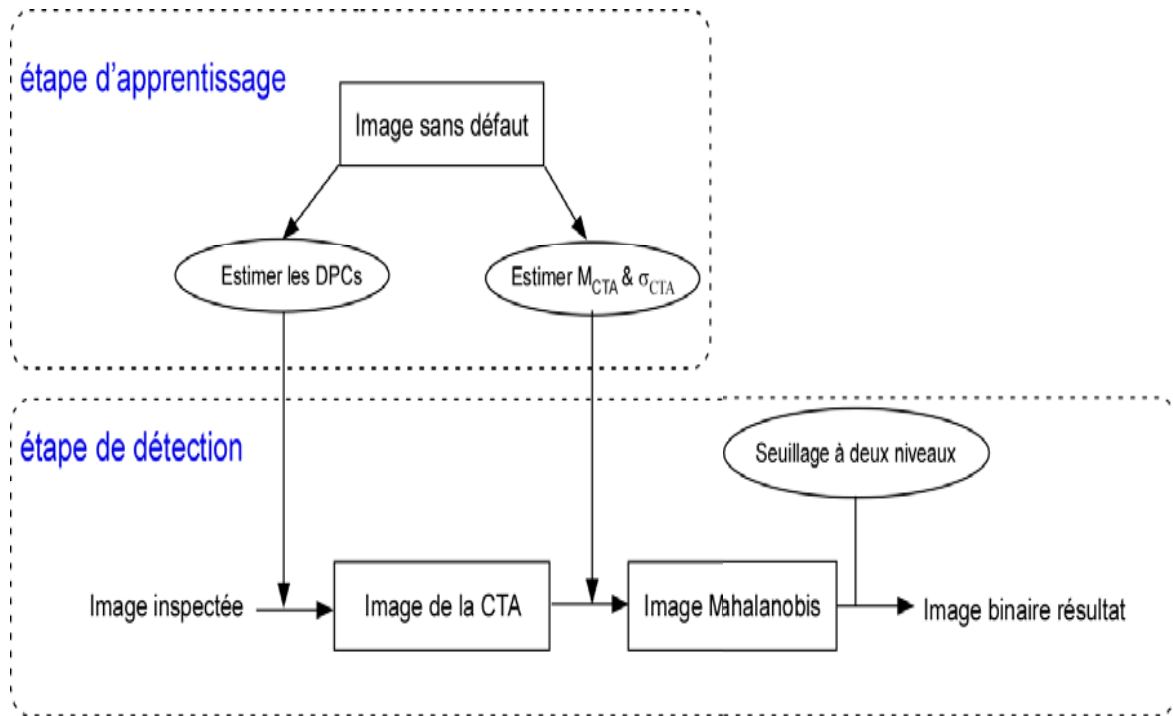


Figure 2.4 Schéma de la méthode CTA de F.Roli

2-2-1-1.Étape d'apprentissage : tout d'abord, pour chaque pixel d'une image sans défaut appartenant au type de texture à inspecter ('image d'apprentissage) la mesure CTA est calculée. Ensuite, la distribution statistique de la mesure CTA est calculée pour ces pixels sans défauts (la fonction $p(x^l / l \in w_1)$ sont estimées). [7]

2-2-1-2-Étape de détection :

La décision d'appartenance ou non d'un pixel à une fissure est faite en mesurant la distance de Mahalanobis. Après le calcul de toutes les valeurs de CTA dans une image inspectée, pour chaque pixel inspecté L , la distance de Mahalanobis est calculée de la manière suivante :

$$d_M(l) = \frac{(CTA(x^l) - M_{cta})^2}{\sigma_{cta}^2} \quad (4)$$

Où M_{cta} et σ_{cta}^2 sont la moyenne et la variance de la distribution de la CTA sur l'image sans défaut. [4]

Les pixels de fissure sont ensuite détectés en appliquant deux seuils ()

2-2-2. La CTA pour la segmentation d'images de chaussées

La détections des fissures est basée sur le calcul de la CTA sur une image de la surface de chaussées inspecte. Tout d'abord on a besoin d'estimer les DPCs,. Les attributs de la classe de

texture sont calculées le long d'orientations différentes. On peut résumer les étapes comme suit :

- 1- Extraire les attributs de texture sur des images inspectées pour quatre orientations (0° , 45° , 90° , 135°)
- 2- Estimation de la densité conditionnelle de probabilité $p(x_{\theta}^l)$ de pixel L
- 3- calculer toutes les valeurs de CTA dans une image inspectée.
- 4- Calcul la distance de Mahalanobis.
- 5- Classification des pixels que sans fissure et pixel de fissure en utilisant seuillage (la méthode Otsu)

2.2.2.1- Extraction du vecteur d'attributs

Les pixels autour du pixel l caractérisent la façon dont les niveaux de gris sont distribués dans cette région. On rappelle que la caractéristique de luminosité : "les pixels d'une fissure sont plus sombres que ceux du fond" est importante pour la détection de fissures. Nous cherchons donc des attributs qui prennent en compte cette caractéristique qui peut être déterminée dans le domaine spatial ou dans le domaine fréquentiel.

L'extraction des attributs sur le domaine spatial peut être réalisée suivant 4 orientations traditionnelles 0° , 45° , 90° et 135° (figure 2.5)

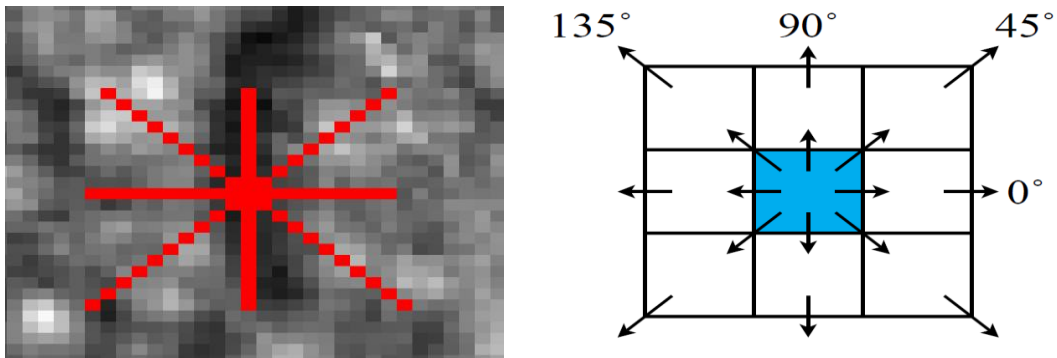


Figure 2.5 Configurations d'orientations pour calculer les attributs de texture de pixel L

Généralement, le vecteur d'attributs est paramétré par sa longueur d et par l'angle que forme avec un axe de référence, ce qui permet d'analyser les caractéristiques de la texture pour différentes orientations.

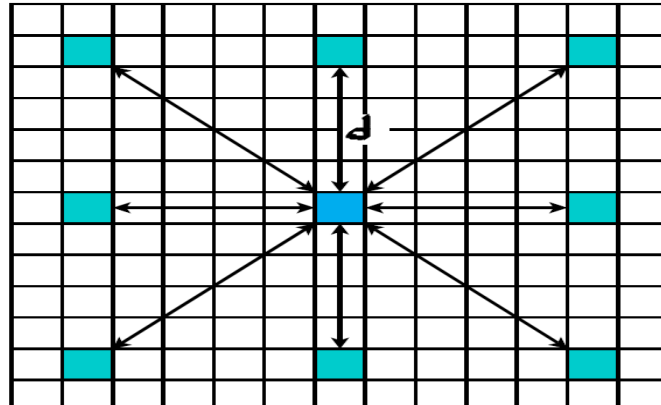


Figure 2.6 illustration la distance d

Les attributs x autour d'un pixel l vont être calculés avec une longueur $N = 2*d+1$ et avec un angle θ suivant l'axe horizontal de l'image ;on obtient un vecteur d'attributs $X^l=(x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l)$

L'objectif est de sélectionner ceux qui permettent de calculer une CTA qui changera fortement le long de l'orientation de la fissure.

Chacune des classes (fissure et fond) est caractérisée par une moyenne et une variance. Il est nécessaire d'estimer ces statistiques pour chaque classe. Le paragraphe suivant nous permet de présenter la méthode d'estimation des paramètres utilisés. [4]

2-2-2.2-Estimation de la densité conditionnelle de probabilité pour calculer la valeur de la CTA selon la formule (3), on a besoin d'estimer la densité de probabilité conditionnelle (DPC). D'après [9] cette estimation peut être faite en utilisant une approche basée sur la théorie des possibilités ou des approches paramétriques ou non-paramétriques. la texture d'un pixel l est caractérisée par la distribution des intensités des pixels autour de l . Nous avons modélisé la texture autour du pixel l comme une source imprécise, La construction d'une distribution de possibilités permet de modéliser des informations imprécises

2.2.2.2.1. Distributions de possibilités

La distribution de possibilités d'un paramètre x s'écrit classiquement π_x . $\pi_x(S)$ est alors une valeur comprise entre 0 et 1 désigne le degré de possibilité pour que $x=s$:

- * $\pi_x(S) = 0$ signifie que $x=S$ est impossible,
- * $\pi_x(S) = 1$ signifie que rien n'empêche x de valoir S ,

Les valeurs de S pour lesquelles $0 < \pi_x(S) \leq 1$ forment l'ensemble des valeurs possibles de x . Du point de vue de la théorie des ensembles flous, la source X peut être représentée sous la forme d'un nombre flou défini par la fonction d'appartenance π . La distribution de possibilité π_1 associée à la source X_1 peut être représentée par la moyenne μ_1 des valeurs observées et l'écart-type σ_1 comme illustrée dans la Figure 2.7. [6] [10]

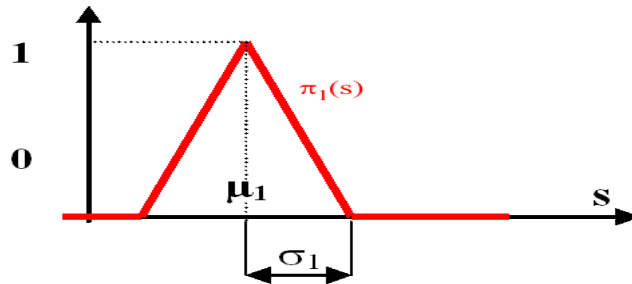


Figure 2.7 Représentation de la distribution de possibilité associée à X_1

2.2.2.2.2. Degré de cohérence entre deux sources

Avec la représentation de la Figure, le degré de cohérence (ou degré de similarité) entre deux sources π_1 et π_2 est défini par le niveau de consensus

$$h(\pi_1, \pi_2) = \sup\{\min(\pi_1, \pi_2)\} \quad (5)$$

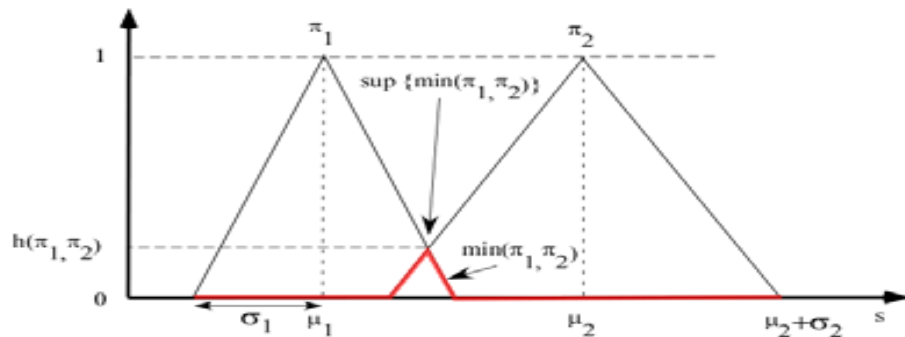


Figure 2.8 Principe sup-min pour la mesure du niveau de consensus entre deux sources

La fonction $h(\pi_1, \pi_2)$ donne une notion de similarité entre deux sources. Elle prend des valeurs entre 0 et 1, si π_1 et π_2 sont proches alors $h(\pi_1, \pi_2) = 1$, dans le cas où il n'y a aucune cohérence entre π_1 et π_2 , alors $h(\pi_1, \pi_2) = 0$.

Donc le niveau de consensus, entre une source sans défaut : π_{fond} et une source qui caractérise la texture suivant l'orientation θ : π_θ , peut remplacer la "vraisemblance" $p(x)$. [10]

2-3-Binarisation par seuillage à deux niveaux

Après le calcul de l'image de la CTA, on rééquilibre les valeurs de CTA de 0 ... 1 à 0...255 par la formule (4). Nous appliquons ensuite un seuillage à deux niveaux (TH1, et TH2 avec $TH2 < TH1$)

(i) le premier seuil, est utilisé pour détecter les pixels qui appartiennent certainement à une fissure, car ils sont trop loin de la distribution des pixels sans défaut.

(ii) le deuxième seuil, les pixels avec fissures sont détectés seulement si elles sont spatialement reliés à un pixel de la fissure détecté précédemment avec le seuil th1 cela permet une réduction de la détection de fausses fissures.

La troisième classe ayant des valeurs de CTA comprises entre TH1et TH2, représente les pixels de fissures à faible contraste ou des pixels de fond ressemblant aux fissures.

Pour déterminer les TH1et TH2 Il existe plusieurs méthodes permettant de déterminer automatiquement le seuil de binarisation. Une des plus connues est la méthode d'Otsu[7]

2-3-1.Détermination automatique de seuils

La méthode d'Otsu est un algorithme de binarisation de données. Pour une image, les données sont les niveaux de gris des pixels de l'image (compris entre 0 et 255). Cet algorithme repose uniquement sur l'histogramme des fréquences, i.e. $P(i)$ est la proportion de pixels de niveau de gris i .

Le principe consiste à trouver le seuil qui minimise la variance intra-classe ('w' = within) pondérée des pixels

$$\sigma_{inter}^2 = P(c1)\sigma_{c1}^2 + P(c2)\sigma_{c2}^2 \quad (7)$$

$P(c1)$ et $P(c2)$ les probabilités des classes 1 et 2 déterminées par t à partir de l'histogramme de l'image

$$\sigma_{inter}^2 = P(c1)(u_{c1} - u)^2 + P(c2)(u_{c2} - u)^2 \quad (8)$$

u_{c1} et σ_{c1}^2 représentent la moyenne et la variance de la classe constituée des pixels de niveau de gris compris dans l'intervalle $[0; t]$, et symétriquement

u_{c2} et σ_{c2}^2 représentent la moyenne et la variance de la classe constituée des pixels de niveau de gris compris dans l'intervalle $[t + 1; 255]$

La méthode d'Otsu repose sur l'hypothèse que les pixels de l'image appartiennent à deux classes C1 et C2. Si on décide que les pixels appartiennent à C1 si leur niveau est inférieur ou égal à t et appartiennent à C2. [10]

2-4--Post-traitement

Après le seuillage, une image binaire de la fissure est obtenue comme nous pouvons le voir dans la figure, bien que le résultat de la segmentation est satisfaisante, il ya encore quelques points de bruit ainsi que la discontinuité de la structure de la fissure sur l'image Afin de nous débarrasser de ces imperfections, une série de reliant et des techniques d'élimination du bruit basé sur des opérations morphologiques sont appliqués à l'image binaire pour affiner le résultat de la détection de fissures. Dans cette section, d'abord une brève introduction de la morphologie mathématique pour montrer comment ils peuvent servir dans le post-traitement

2-4-1- Opérations morphologiques de Fermenteur

L'opération de fermeture est une opération très importante de la morphologie mathématique notée $A \bullet B$. elle est produite par la dilatation de A par B, suivie par l'érosion par B qui peut remplir les trous dans une image. [1] $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$ (9)

Où \oplus et \ominus dénotent la dilatation et l'érosion respectivement. La dilatation de l'objet A par l'élément structurant B est donnée par : $A \oplus \beta = \{x | (\hat{\beta}_x) \cap A \neq \emptyset\}$ (10)

Où $\hat{\beta}_x$ indique le symétrique de β et le résultat est un nouvel ensemble constitué de tous les points générés par l'obtention de la réflexion de B sur son origine, puis déplacer cette réflexion par x. L'érosion de l'objet A par un élément structurant B est donnée par La définition : $A \ominus \beta = \{x | (\beta_x) \cap A \neq \emptyset\}$ (11)

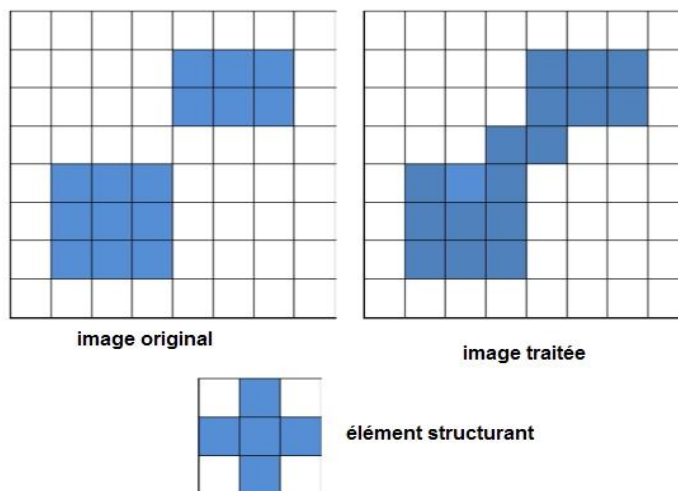


Figure 2.9 Fermeture de l'image d'origine par l'élément structurant

3-Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons présenté une méthode de détection de fissures sur les images de la surface de la route .Une mesure de(CTA) est utilisée pour caractériser les pixels des images inspectées. Chaque pixel est classé en "classe fissure " ou "classe de pixel sans fissure" basé sur la valeur CTA. Nous avons étudié l'idée de prendre en compte à la fois, pour la segmentation, des attributs et la relation spatiale des pixels de fissures.

Chapitre 3 :

Réalisation et mise en œuvre

1-Introduction

Dans cette section, nous présenterons l'environnement matériel et logiciel de notre travail. Plusieurs étapes sont nécessaires pour la mise en œuvre du système de détection des fissures. Chaque étape est préparatoire à celle qui la suit.

Rappelons que notre objectif était de détecter les fissures dans une image de chaussée en utilisant la méthode CTA. Plusieurs étapes sont nécessaires :

1. Extraction des attributs
2. Estimation de la probabilité supposée comme étant une distribution gaussienne pour l'apprentissage du système.
3. Calcul des valeurs de CTA pour chaque pixel.
4. Calcul de la distance de Mahalanobis.
5. La classification des pixels en utilisant un seuil Otsu

2- environnement du travail

- OS : Windows
- Langage : Matlab et son environnement interactif est un langage de haut niveau qui permet l'exécution de tâches nécessitant une grande puissance de calcul et dont la mise en œuvre sera bien plus simple et rapide qu'avec des langages de programmation traditionnels tels que le C, C++. Il dispose de plusieurs boîtes à outils en particulier celle du traitement d'images « Image Processing ToolBox » qui propose un ensemble d'algorithmes et d'outils graphiques de référence pour le traitement, l'analyse, la visualisation et le développement d'algorithmes de traitement d'images.

3-implementation

3-1-configuration l'orientation et calculer les attributs

Dans ce processus, nous cherchons si un pixel particulier est un pixel "sans défaut". Pour ce faire, nous supposons la fissure d'une longueur $(2 * l + 1)$, où « l » est la longueur. Nous calculons d'abord une sous-matrice; ceci est réalisé en gardant le pixel courant et extrayant les valeurs des pixels l dans tous ses côtés. Cela nous donne une matrice carrée de taille $2 * l + 1$.

Une fois que nous obtenons cette matrice, nous allons calculer la moyenne et l'écart type du pixel courant dans les 4 directions : horizontal, vertical et les deux diagonaux (0° , 45° , 90° , 135°). S'il le pixel en cour est un pixel sans fissure, ces valeurs seront semblables les uns aux

autres. Ces quatre valeurs de moyenne et d'écart-type deviennent le vecteur caractéristique pour ce pixel.

3-2-estimation les attributs

Nous évaluons la probabilité «p» qu'un pixel l ayant un vecteur d'attributs x appartienne à la classe fissure. Selon la théorie de la reconnaissance des formes, la probabilité pré-supposée «p» peut être calculée avec des techniques paramétriques ou nonparamétriques. Nous la calculons à partir de l'équation suivante

$$p(x_j^l / l \in w_1) = \frac{D - \Delta_j}{D}$$

$$\text{with } D = \sqrt{m^2 + \sigma^2} \text{ and } \Delta_j = \sqrt{(m - m_j^l)^2 + (\sigma - \sigma_j^l)^2}$$

Par estimation de la moyenne (m) et l'écart type (σ) de l'image inspectée. Ce sont les valeurs de référence pour estimer la vraisemblance P , où m et σ sont la moyenne globale et l'écart type globale, respectivement, et m_j^l et σ_j^l sont la moyenne et l'écart type du pixel pour l'orientation 'j'.

Calculer Delta(D) pour chaque pixel ; l'erreur dans les 8 valeurs à l'égard des valeurs globales de l'image. « D » est calculé comme suit : $D = \sqrt{(m - m_j^l)^2 + (\sigma - \sigma_j^l)^2}$

3-3-detection de la fissure utilisant Conditional Texture Anisotropy

On calcule la CTA pour chaque pixel, qui est utilisée pour calculer la distance de Mahalanobis afin de déterminer une fissure. La CTA est obtenue à partir de delta comme suit :

$$CTA = (\text{maximum}(D) - \text{minimum}(D)) / \text{maximum}(D)$$

3-4-Calcul de la distance de Mahalanobis

Une fois que nous calculons la CTA pour chaque pixel, nous obtenons la moyenne (m) et l'écart type (σ) pour l'image de CTA. La distance de Mahalanobis est calculée comme suit : $MD = (CTA - m_{CTA})^2 / (\sigma_{CTA}^2)$, Ici, m_{CTA} et σ_{CTA} sont la moyenne globale et l'écart type global pour l'image CTA. Cette distance vise essentiellement à créer une image de contraste élevé. Les résultats sont présentés plus loin dans cette section. Une fois on obtient l'image de Mahalanobis nous appliquons Otsu seuillage pour obtenir les fissures possibles dans l'image.

3-5-Otsu seuillage

La méthode Otsu est utilisée pour effectuer un seuillage automatique en fonction de regroupement de pixels dans l'image pour réduire l'image en niveaux de gris en une image binaire. L'algorithme suppose que l'image contienne deux classes de pixels déterminées par l'histogramme de l'image. Il calcule ensuite le seuil optimal séparant les deux classes afin que leur propagation combinée (intra-classe variance) soit minimale.

4-Présentation de l'application :

On présente dans cette section les différents aspects du système de détection.

4-1-Présentation d'Interface : C'est une interface destinée aux utilisateurs, elle est simple et permet d'illustrer les principales tâches du processus de détection des fissures (load image ,run ,line length d) Comme indiqué dans la figure ci-dessous

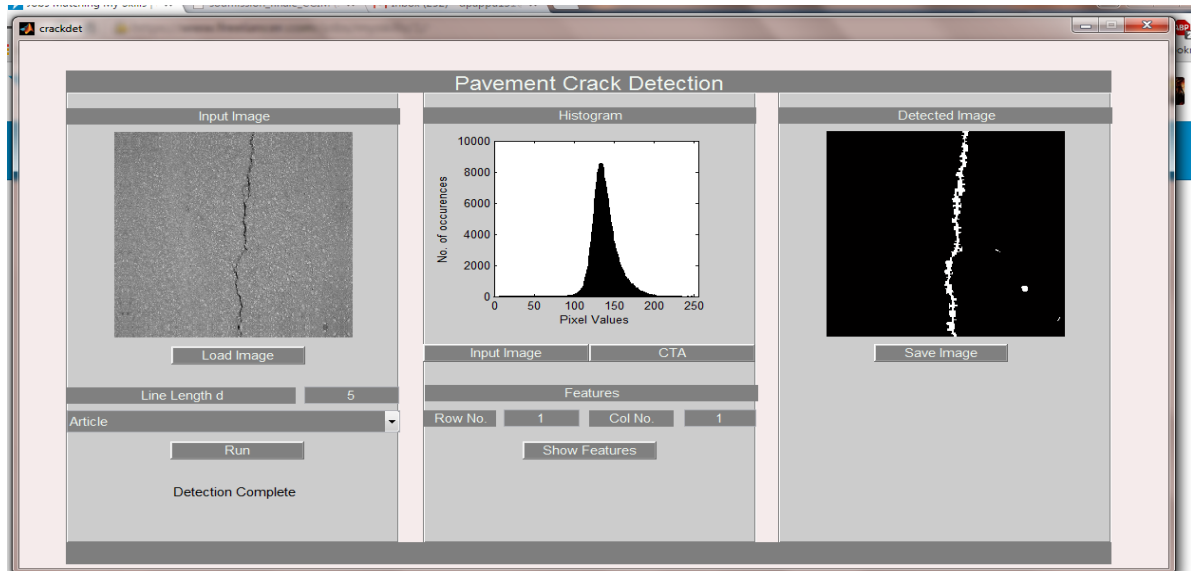


Figure 3.1 interface utilisateurs

1-Panel 1 : input image

*load image : Dans ce panel, l'utilisateur peut sélectionner une image de chaussée à partir d'une base de données des images.

*line length: cette option permet de contrôler la longueur de l'orientation D

*run : permet de démarrer le système pour détecter les fissures, une fois une image est chargée.

2- Panel 2 : affiche l'histogramme de l'image originale et l'image de CTA

3- Panel 3 : affiche le résultat de détection de fissures sure l'image sélectionnée et sauvegarder l'image résultat.

5- Tests et évaluation

Dans cette section, nous allons présenter quelques résultats obtenus par l'application de notre application sur quelques images de chaussée.

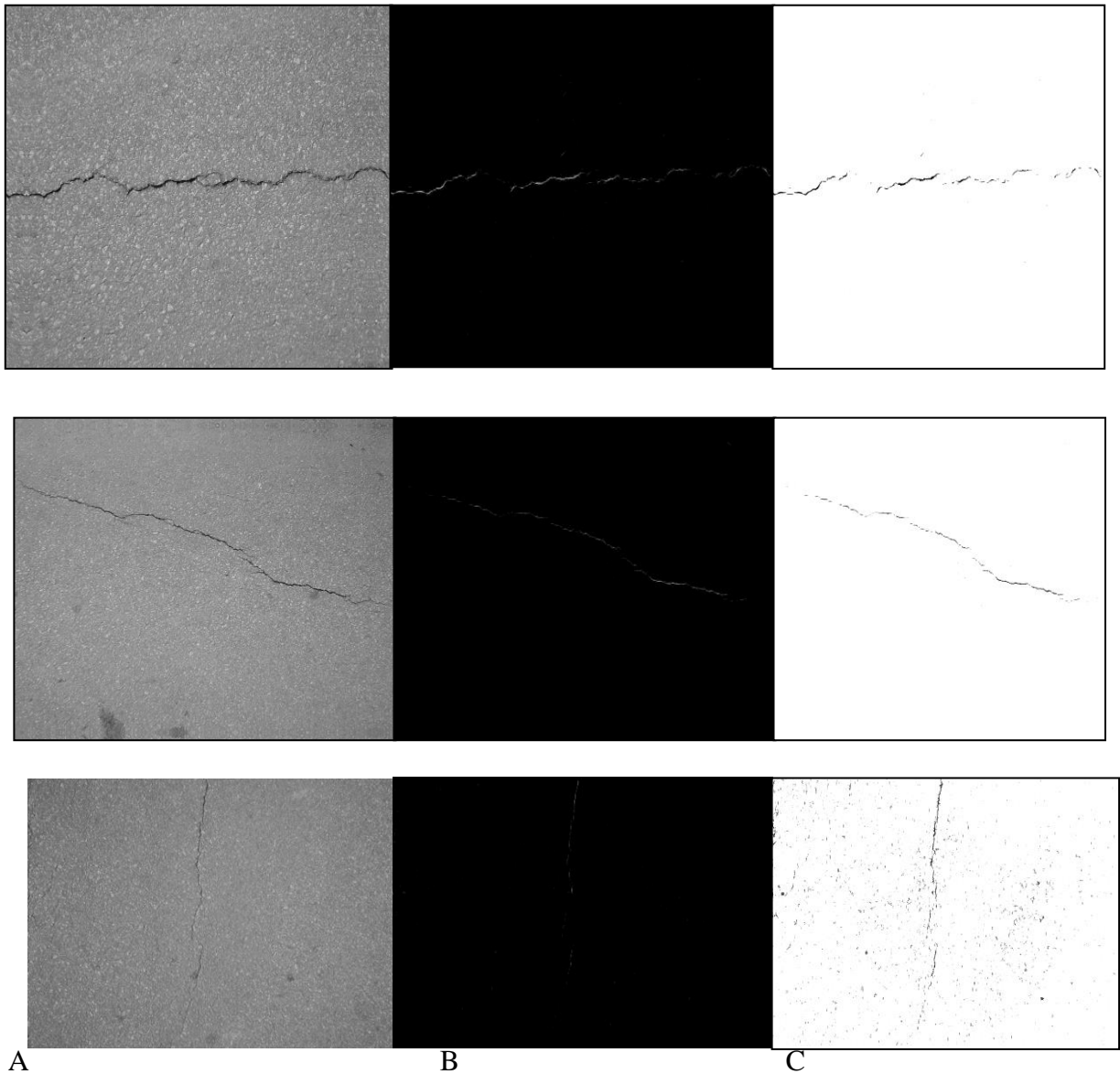


Figure 3.2 résultat de test algorithme de CTA sure image de chaussées

Dans ce qui suit nous allons évaluer l'influence de la distance D sur les résultats de détection.

On fait varier la distance d le long de chaque orientation pour calculer les attributs de chaque pixel dans l'image inspectée, et tester les résultats obtenus.



Figure 3.3 résultat de test pour distance $d=2$

Le résultat obtenu pour une valeur de $d=2$ est indiqué par la figure 4.3 (l'image de Mahalanobis est à droite). On remarque que cette distance ne permet pas de bien caractériser la texture. La détection de fissures pour cette distance n'est pas aussi satisfaisante.

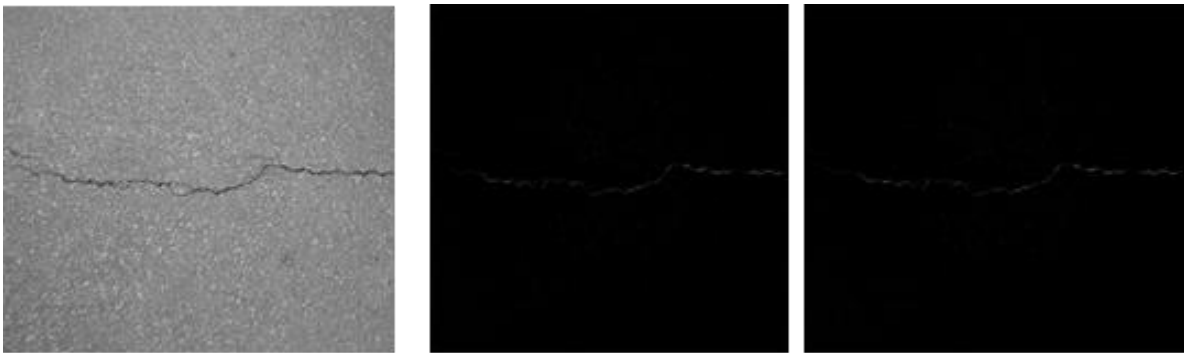


Figure 3.4 résultat de test pour distance $d=6$

Si l'on change la distance ($d = 6$) on constate l'existence d'un changement dans la ligne située dans le centre de l'image (figure 4.4).

La figure 4.5 montre les résultats obtenus pour une distance de 32. Les fissures ont plus de clarté que les distances inférieures.

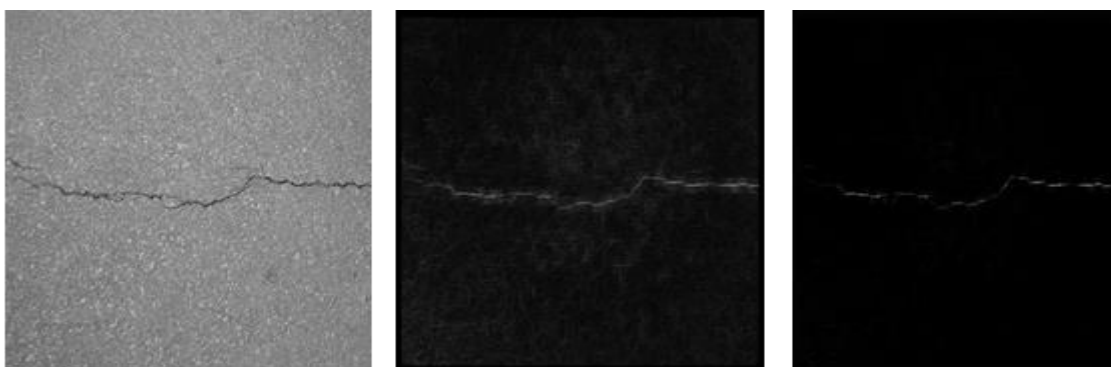


Figure 3.5 résultat de test pour distance $d=32$

6-Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté l'environnement de notre application, ainsi les principales interfaces qui présentent les fonctionnalités de l'application. Ces interfaces aident l'utilisateur à bien comprendre les activités de l'application, ainsi qu'à bien suivre leur déroulement et tester cet algorithme sur plusieurs images. Les résultats obtenus dépendent largement de la valeur de distance d .

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude, consiste à concevoir et réaliser un système de détections de fissures dans les images de chaussées. Il présente pour nous une expérience importante et une opportunité de s'initier à des applications dans le monde professionnel et une occasion de prendre la responsabilité de réussir une étude et d'accomplir un travail aux bonnes finalités.

Les difficultés à automatiser la détection des fissures sont multiples. Notamment, parce que c'est un problème de détection d'un objet très fin sur un fond bruité. De plus, le traitement doit pouvoir être appliqué quelle que soit la texture de la chaussée et quelles que soient la largeur et l'orientation des fissures. Dans ce mémoire nous avons appliqué une méthode de détection automatique de fissures à base de CTA (Conditional Texture Anisotropy).

Dans cette méthode, chaque pixel a été classé comme sans fissure ou pixel fissuré sur la base de la valeur CTA autour de quatre orientations traditionnelles à savoir 135, 90, 45, 0 été seulement envisagés le long d'une distance d . Cette méthode est plus efficace par rapport à d'autres méthodes.

Quelques perspectives d'extension

- 1- Etendre le système pour qu'il calcule la longueur et la largeur de fissure
- 2- classification de la fissure.

Bibliographie

1. Un ouvrage

[1] R. Gonzalez, R. Woods, S. Eddins , Digital Image Processing Using Matlab, Gatesmark Publishing, 2nd edition , 2009

[2] LCPC. Méthode d'essai no. 52. catalogue des dégradations de surface des chaussées. Rapport général, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), 1998.

3. Article

[3] T. Sy Nguyen, S Begot, F.Duculty, J-C Bardet, M.Avila pavement cracking detection using an anisotropy measurement, International Conference on Computer Graphics and Imaging (CGIM), Austria,2010

[4] S. chambon, C. gourraud, J.-M. moliard,P. nicolle, road crack extraction with adapted filtering and markov model-based segmentation, LCPC, Nantes .

[5] A .PLOIX M., V. GARNIER., J. MOYSAN, théorie des possibilités appliquée à l'end du béton : possibility theory applied to nde of concrete,2008

[6] Roli, F., Measure of texture anisotropy for crack detection on textured surfaces, in Electronics Letters. 1996. p. 1274--1275.

[7] Chambon, S., J. Dumoulin, and P. Subirats, Introduction of a wavelet transform

based on 2D matched filter in a Markov Random Field for fine structure extraction: Application on road crack detection, in SPIE Conference on Image Processing: Machine Vision Applications II, San Jose, United-States. 2009.

[8] M. I. Ribeiro, Gaussian Probability Density Functions: Properties and Error Characterization, Pais,2004.

2. Thèse

[9] Tien Sy Nguyen ,Extraction de structures fines sur des images texturées : application à la détection automatique de fissures sur des images de surface de chaussées, doctorat, Laboratoire PRISME,2010.

[10] H. Salam, Detection automatique de fissures dans des images de chaussee par modelisation markovienne, Nantes,2010

ملخص

تحتاج إدارة البنية التحتية للطرق الى وجود جرد دقيق لمختلف الاضرار حتى تتمكن من تقييم الحالة الفعلية لشبكة الطرق في مقدمتها الشقوق حيث يمكن تعريف الشق على انه مجموعة من البكسلات مع تدرج رمادي داكن من خلفية الصورة.بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن ينظر إلى الشق كمجموعة من قطاعات صغيرة مع توجهات مختلفة ومتراصة .

هذه الدراسة خطوة أولى نحو المعالجة التلقائية لصور أسطح الطرق هدفنا هو كشف تلقائي للشقوق، مهما كان نسيج الطريق، وبغض النظر عن العرض وتوجه الشق.

كلمات البحث: شقوق الطرق. اضرار الطرق

Abstract

Road infrastructure management needs to have full inventory of surface road such as "cracks". By definition, a crack is the set of pixels with a level of grayscale higher than the background in the image. In addition, a crack can be seen as a set of small interconnected segments with different orientations.

This study is a step towards a semi-automatic processing of pavement surface images. Our goal is to automate the crack detection, whatever the texture of the floor and whatever the width and orientation of cracks.

Key words :crack ,defect,

Résumé

La gestion des infrastructures routières nécessite de disposer d'un état des lieux précis de l'usure de la surface de chaussée tel que de « type fissure ». Par définition, une fissure est ensemble de pixels avec un niveau de gris plus foncé que le fond de l'image. De plus, une fissure peut être vue comme un ensemble de petits segments avec des orientations différentes et connectés entre eux.

Cette étude est une étape vers un traitement semi-automatique d'images de surface de chaussées. Notre but est d'automatiser la détection de fissure , quelle que soit la texture de la chaussée et quelles que soient la largeur et l'orientation des fissures

Mots clés : fissure, défaut.

