

Confidentiel

N-1/90/MM

SEGMENTATION DE LA CHAUSSEE ET
DETECTION D'OBSTACLES PAR
MORPHOLOGIE MATHEMATIQUE

Serge BEUCHER

FONTAINEBLEAU

Janvier 1990

PROJET PROMETHEUS

SEGMENTATION DE LA CHAUSSEE ET DETECTION D'OBSTACLES PAR MORPHOLOGIE MATHEMATIQUE

Rapport d'activité, Année 1989

S. BEUCHER

Centre de Morphologie Mathématique

Introduction

Le Centre de Morphologie Mathématique (C.M.M.) de l'Ecole des Mines de Paris a réalisé durant l'année 1989, un certain nombre de travaux en analyse d'images dans le cadre du projet européen PROMETHEUS (Groupe Vision). Ce rapport d'activité a pour vocation une présentation aussi exhaustive que possible de ces travaux, ainsi que des perspectives futures. Précisons cependant qu'on ne trouvera pas ici le descriptif complet des tâches réalisées. En effet, deux voies de recherche ont été explorées au début de ce projet : une voie classique, où diverses techniques de segmentation d'images ont été comparées, et une voie morphologique basée essentiellement sur l'utilisation de la morphologie mathématique pour effectuer les traitements. Seule, cette deuxième approche sera décrite en détail. La première a fait l'objet d'un D.E.A. [4] et on voudra bien consulter le rapport donné en référence pour de plus amples détails. On n'en donnera donc ici qu'un résumé succinct.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'un contrat de recherche passé entre l'Association pour la Recherche et le Développement de Processus Industriels (ARMINES) et la SOGEDAC.

But du projet

L'étude entreprise par le C.M.M. avait pour but d'élaborer des traitements d'images permettant d'une part la surveillance de la conduite, c'est-à-dire la position du véhicule par rapport à la chaussée, et d'autre part la détection d'obstacles. Par obstacle, on entend tout ce qui peut entraver la circulation du véhicule sur la chaussée, que cet obstacle soit coopératif et normal (autre véhicule sur la même voie par exemple) ou au contraire fortuit et non coopératif (objet quelconque sur la chaussée, objet traversant, etc...).

Ces deux tâches nécessitent en premier lieu le repérage automatique de la chaussée par vision. Ce repérage doit être réalisé quelque soit la nature de la voie de circulation (autoroute, route de campagne). L'infrastructure très différente de ces deux types de chaussée, notamment en ce qui concerne le marquage au sol (séparation entre voies et bas-côtés) impose aux algorithmes de détection un certain degré de généralité et de robustesse.

Les travaux réalisés cette année ont donc porté essentiellement sur la mise au point de procédés de traitement d'images permettant l'extraction de la chaussée. Ces procédés ont été testés sur une petite banque d'images (une trentaine de situations de conduite). On a également abordé la détection d'obstacles par le biais de la mise en évidence de zones dans l'image occupées par des obstacles potentiels. La première tâche cependant a consisté à mettre au point les moyens matériels d'acquisition et de traitement des images.

Moyens matériels et logiciels

Les images utilisées dans cette étude proviennent de plusieurs banques de données fournies par PEUGEOT SA et plus récemment par RENAULT. Ces banques sont constituées d'un certain nombre de scènes routières et autoroutières représentatives de diverses situations de circulation,

enregistrées à l'aide d'une caméra N & B sur magnéscope au format U-Matic. Plusieurs types de caméras ayant été utilisés, on dispose ainsi de diverses qualités d'images propres à tester la robustesse des algorithmes.

Les images sont numérisées à l'aide d'une carte d'acquisition et de digitalisation permettant l'acquisition d'image au format 512x512x8 bits en trame rectangulaire. Les fichiers-image sont stockés sous environnement MS-DOS. Leur format relativement standard permet donc un échange facile des données, et des résultats. La chaîne d'acquisition et de digitalisation est pilotée par un ordinateur compatible PC-AT. Cet ordinateur-hôte est également relié à un système de traitement d'images Morphopericolor. Ce système d'analyse d'images conçu par le Centre de Morphologie Mathématique est équipé d'un processeur de morphologie câblé augmentant la rapidité des traitements. Il possède notamment une boîte à outils complète pour le traitement par morphologie d'images binaires et numériques.

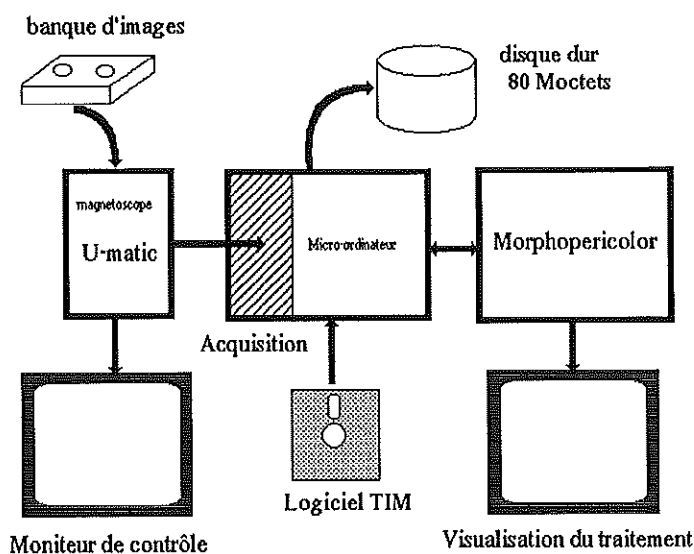


Figure 1 : Synoptique de la chaîne de traitement d'images

Les images traitées par le Morphopericolor sont au format 256x256x6

bits dans une trame hexagonale. Cette résolution s'est avérée suffisante pour la mise au point des algorithmes de segmentation de la chaussée. Un logiciel assure la conversion (dans les deux sens) entre le format de numérisation et le format de traitement. Une librairie de commandes a été adjointe au langage de commande de l'analyseur d'images de façon à contrôler directement la carte de numérisation. Ce logiciel permet l'acquisition de séquences d'images séparées par un bref intervalle de temps. La longueur de la séquence dépend de la taille mémoire de l'ordinateur-hôte (Figure 1).

Parallèlement à cette chaîne de traitement, certaines opérations ont été réalisées à l'aide du logiciel Visilog[®], implanté sur diverses machines. L'avantage de ce logiciel est de regrouper dans la même librairie à la fois des transformations d'images binaires et morphologiques.

Traitements d'images

Comme on l'a déjà dit, deux approches ont été utilisées pour détecter la chaussée. La première est basée sur des algorithmes de segmentation de l'image par détection de contours et/ou de régions. Elle a fait l'objet d'un stage de D.E.A. (X. YU, 1989, [4]). Les résultats obtenus sont de bonne qualité lorsque le contraste des images traitées est suffisant. Cependant, ces algorithmes nécessitent la détermination des valeurs de divers paramètres de seuils. Or, les valeurs adéquates de ces paramètres sont difficiles à fixer pour essentiellement trois raisons :

- Ces valeurs varient d'une scène à l'autre, voire même d'une image à l'autre même provenant de la même scène.
- Une faible variation des valeurs entraîne de fortes disparités dans les résultats.
- Il n'a pas été possible de trouver des procédés automatiques de détermination de ces paramètres.

On ne décrira pas davantage les traitements utilisés dans cette première approche. On se référera, pour de plus amples informations, au

mémoire cité plus haut.

La deuxième approche utilise exclusivement des outils morphologiques de segmentation dérivés d'une transformation appelée ligne de partage des eaux d'une image [3]. La segmentation par ligne de partage des eaux (en abrégé LPE) est une technique de segmentation orientée vers un but : pour segmenter les objets intéressants dans l'image, il faut d'abord les marquer. Le marquage correct des objets à segmenter est l'étape fondamentale du traitement. Avant d'aborder l'extraction de la chaussée par cette méthode, nous définirons plus en détail les outils utilisés.

A) Segmentation d'images. Généralités

Une image à niveaux de gris est généralement représentée par une fonction numérique f , à valeurs positives. Définissons sur cette fonction deux transformations morphologiques, qui seront largement utilisées par la suite : le gradient morphologique et la ligne de partage des eaux.

A-1) Gradient morphologique

Le gradient morphologique g d'une fonction f est défini par :

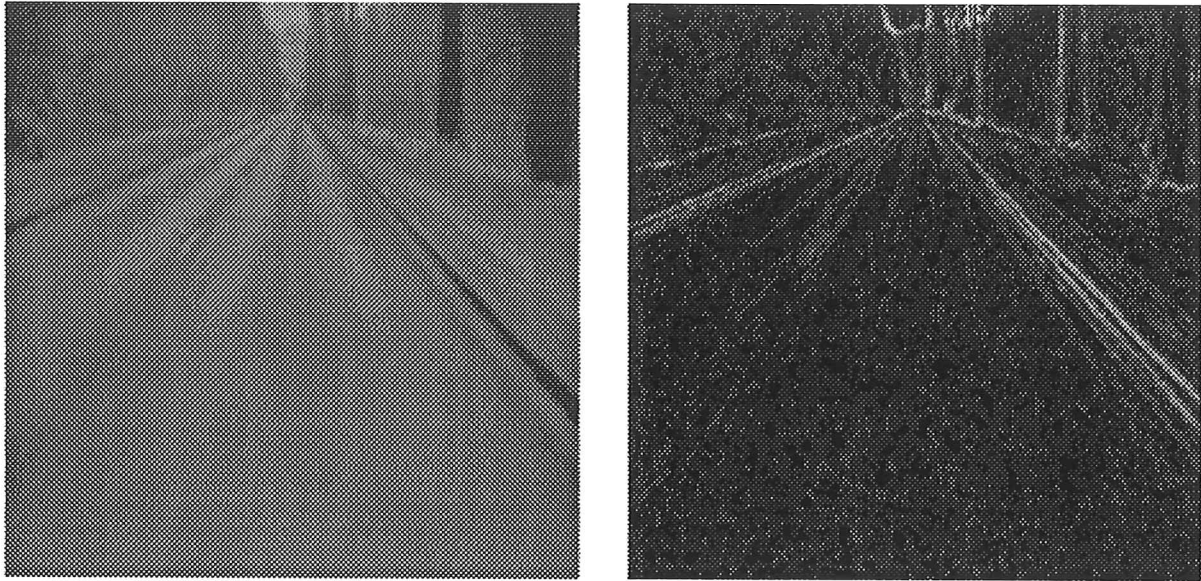
$$g(f) = [(f \oplus H) - (f \ominus H)]$$

où $(f \oplus H)(x) = \text{Sup}_{y \in H_x} (f(y))$ est le dilaté de f au point x

et $(f \ominus H)(x) = \text{Inf}_{y \in H_x} (f(y))$ est l'érodé de f .

(H est l'hexagone élémentaire défini sur la trame hexagonale).

La transformée obtenue (Figure 2) est égale au module du gradient de f au sens des distributions.



(a)

(b)

Figure 2 : Image originale (a) et son gradient morphologique (b)

A-2) Ligne de partage des eaux

La ligne de partage des eaux de f est une transformée plus complexe. On peut cependant en donner une définition intuitive. Considérons le graphe de f comme une surface topographique. Cette surface présente des minima, c'est-à-dire des régions connexes d'altitude minimum : cheminer sur le relief en partant d'un point quelconque d'un minimum ne pourra se faire qu'en empruntant un chemin à niveau ou ascendant (Figure 3).

Supposons que l'on trouve la surface topographique aux emplacements des minima, et qu'on la plonge alors peu à peu dans une pièce d'eau. L'eau va passer par les trous en commençant par les plus profonds et va ensuite progressivement inonder la surface. Cependant, pendant cette inondation, on construira une séparation en tout point où les eaux provenant de minima disjoints pourraient se mélanger. A la fin de la procédure d'inondation, la ligne de séparation ainsi construite est la ligne de partage des eaux $LPE(f)$

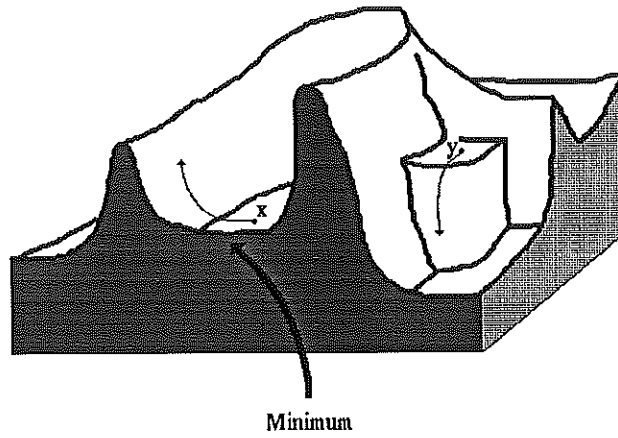


Figure 3 : Minima d'une fonction

Le point x appartient à un minimum car il n'existe pas de chemin descendant d'origine x . Inversement, y n'appartient pas à un minimum.

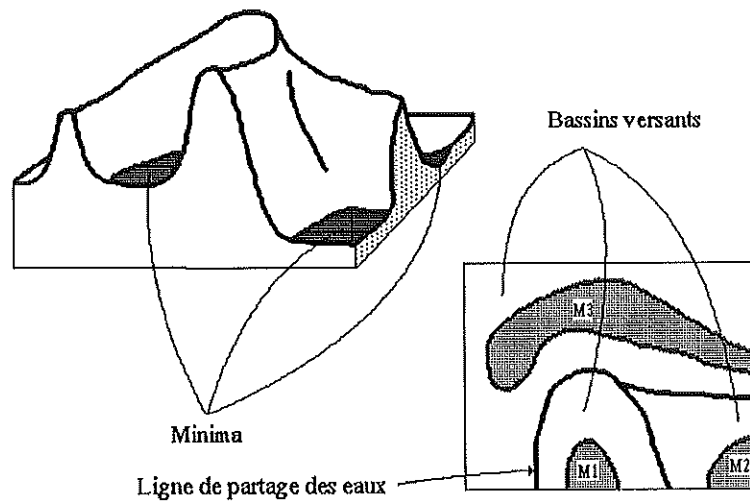


Figure 4 : Ligne de partage des eaux et bassins versants

de la fonction f . Les différentes composantes connexes séparées par la LPE de f sont appelées bassins versants associés à chacun des minima (Figure 4).

L'utilisation de ces outils en segmentation d'images procède de la remarque suivante : une forme dans une image de gris est caractérisée par le fait qu'il lui correspond une zone de gris relativement homogène, donc à faible gradient. Les formes dans l'image correspondent donc aux minima du gradient morphologique. Délimiter les objets consistera alors à calculer la LPE du gradient.

A-3) Segmentation orientée par marqueurs

Si ce procédé est séduisant dans son principe, les résultats réels sont assez décevants. En effet, la présence de bruit fait que le nombre de minima du gradient est assez élevé, produisant ainsi une sur-segmentation importante de l'image (Figure 5).

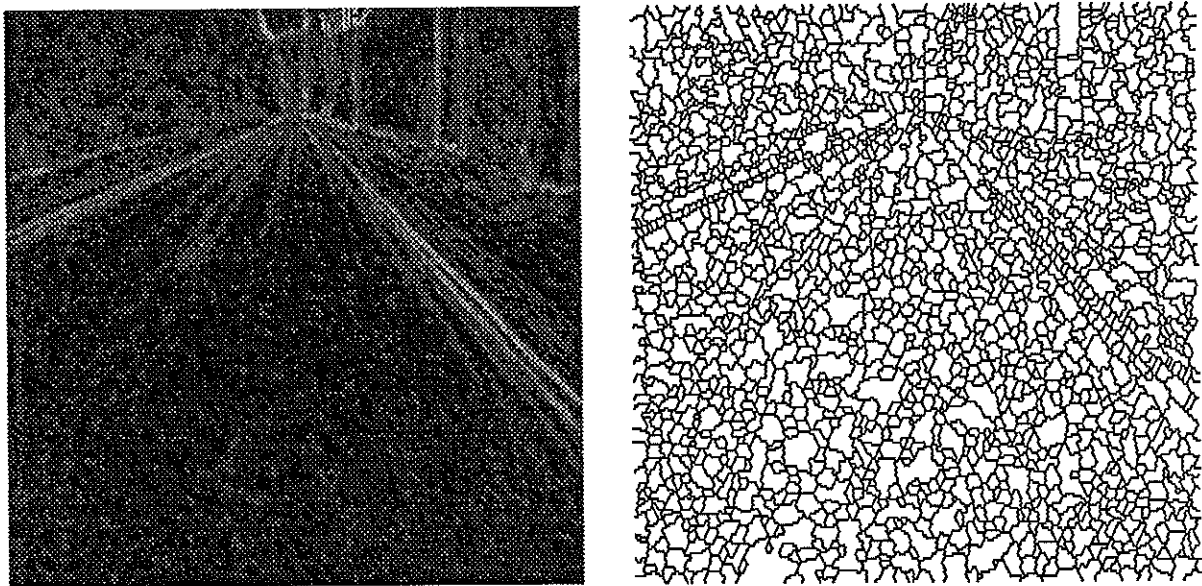


Figure 5 : Ligne de partage des eaux du gradient

La présence de bruit, d'inhomogénéités dans l'image engendrent un nombre considérable de bassins versants.

Afin d'améliorer le processus, on peut envisager de définir des marqueurs des objets que l'on désire segmenter, marqueurs obtenus par divers procédés sur lesquels nous reviendrons. Ces marqueurs seront alors imposés comme minima du gradient. Ceci nécessite donc la modification de la fonction gradient. La fonction gradient modifiée devra alors avoir une double caractéristique :

- Avoir comme minima exclusifs les marqueurs imposés.
- Etre la plus proche possible de la fonction gradient originale de façon à ne pas altérer le positionnement des contours.

Cette double contrainte est respectée lorsqu'on réalise cette modification à l'aide de la reconstruction géodésique du gradient.

Désignons par M , l'ensemble des marqueurs des objets à segmenter :

$$M = \cup_i M_i \quad M_i, \text{ composante connexe } (M_i \cap M_j = \emptyset, \forall i \neq j).$$

Considérons la fonction h définie par :

$$h = a (1 - k_M)$$

où a est la borne supérieure du gradient g , et k_M , l'indicatrice de M . On définit la fonction reconstruite g' comme le résultat de l'opération itérative suivante :

- a) $g_0 = h$
- b) $g_n = \text{Sup} (g_{n-1} \ominus H, g)$
- c) si $g_n < g_{n-1}$, aller en (b)
- d) $g' = g_n$

On remarque (Figure 6) que la fonction reconstruite a pour minima l'ensemble des composantes M_i .

La segmentation des objets marqués se fera alors simplement en reconstruisant la LPE de g' .

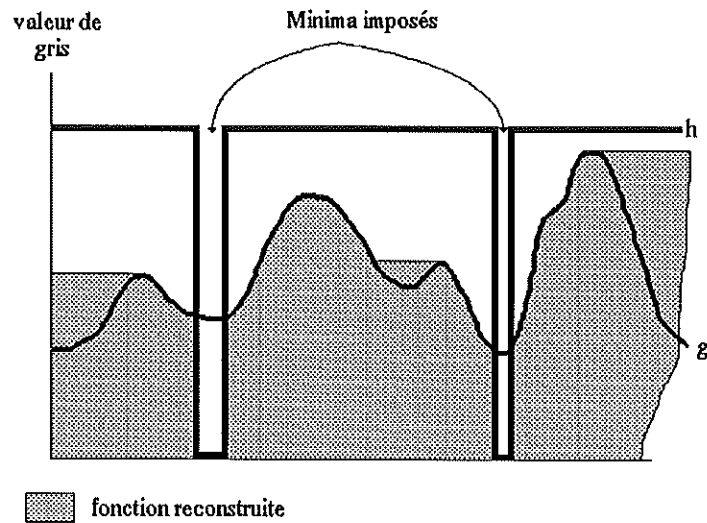


Figure 6 : Reconstruction d'une fonction par érosion

La fonction marqueur h vient adhérer à la fonction initiale g , en imposant ses minima.

Avec cette approche, la segmentation d'image est composée de deux étapes indépendantes. la première (et la plus critique) consiste à mettre en évidence les marqueurs des objets à extraire. La seconde consiste simplement à calculer la LPE du gradient modifié par les marqueurs. Cette deuxième étape est, à l'inverse de la précédente, purement "mécanique".

B) Algorithmes de segmentation de la chaussée

Deux procédés de recherche des marqueurs ont été utilisés pour segmenter la chaussée :

- le premier consiste à utiliser des opérateurs de gradients morphologiques régularisés, afin de réduire la sur-segmentation engendrée par la LPE directe du gradient morphologique simple.
- le deuxième consiste à utiliser l'image gradient sans la régulariser, à en extraire la LPE et à utiliser ces informations pour construire une image simplifiée de la scène. L'utilisation de cette image et de son gradient permet d'extraire les régions homogènes de la scène par

hiérarchisation des bassins versants.

Ces deux techniques de marquage ne sont pas paramétriques. Elles sont basées essentiellement sur la différence de contraste entre la chaussée et sa bordure.

B-1) Segmentation par gradients régularisés

Le gradient régularisé de taille i de la fonction f est la transformée définie par :

$$u_i(f) = [(g_i(f) - ((g_i(f) \circledast H_{i+1}) \circledast H_{i+1}))] \circledast H_{i-1}$$

avec :

$$g_i(f) = (f \circledast H_i) - (f \circledast H_i)$$

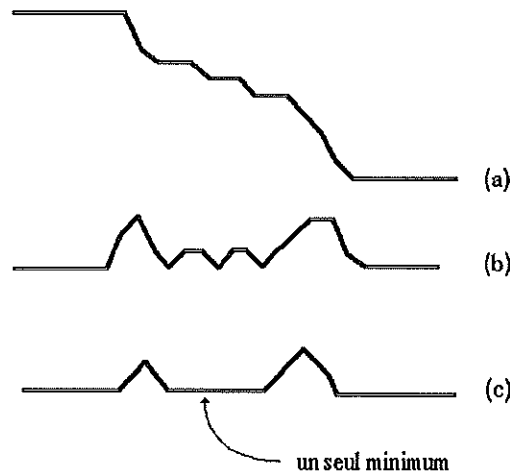


Figure 7 : Calcul du gradient régularisé

a) fonction initiale, cas monodimensionnel b) gradient morphologique c) gradient régularisé de taille 4.

Cette opération dépend d'un paramètre. Cependant, on peut définir une transformée non paramétrique, en calculant le supremum de tous les u_i :

$$g^* = \text{Sup} (u_i)$$

D'autres transformées analogues peuvent être utilisées. L'avantage du gradient régularisé est de présenter des minima plus représentatifs de la variation de la fonction initiale (Figure 7).

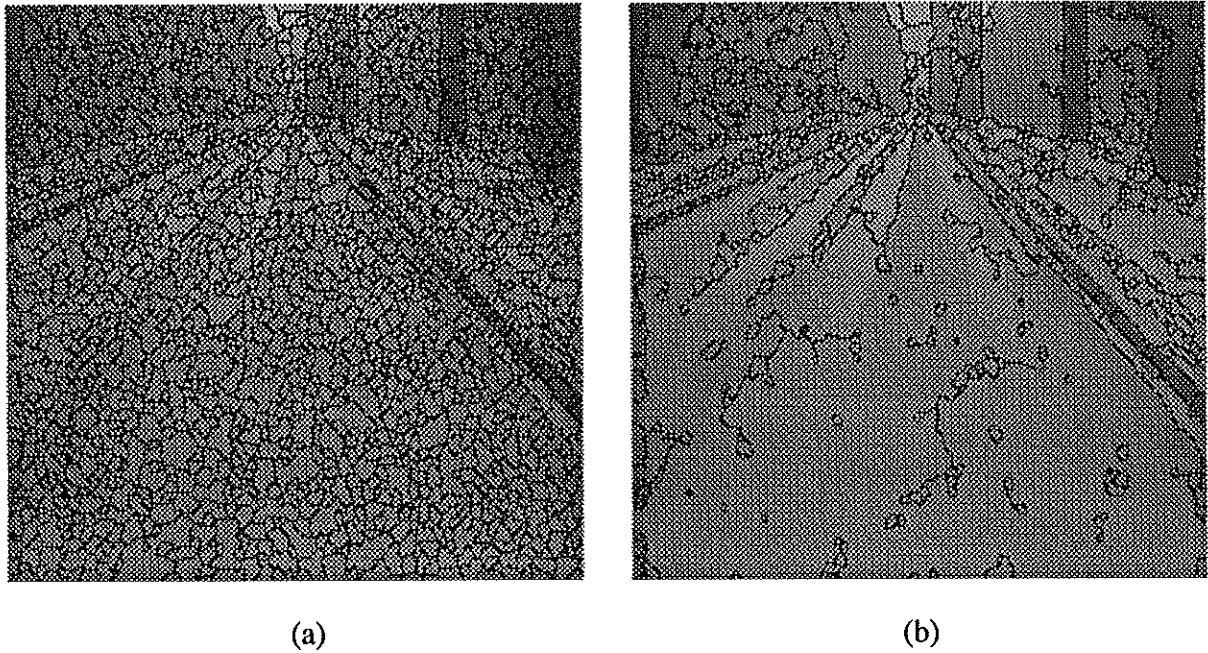
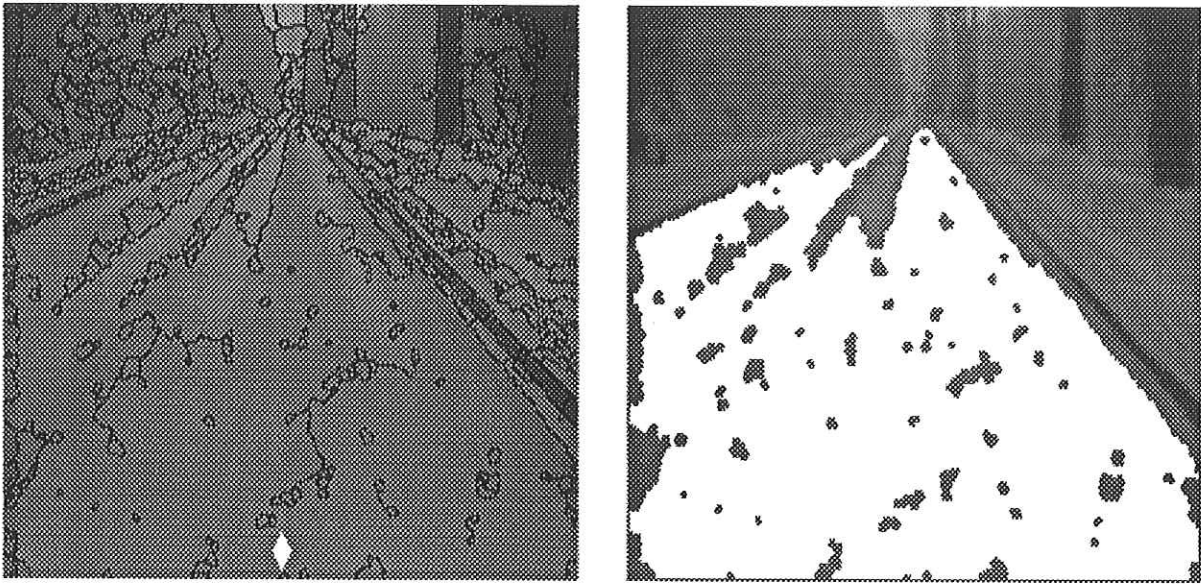


Figure 8 : LPE du gradient régularisé
a) LPE du gradient simple b) LPE de g^*

La ligne de partage de g^* est, comme le montre l'exemple ci-dessus (Figure 8) moins sur-segmentée que la transformée LPE(g).

Cette première segmentation est alors utilisée pour extraire un marqueur grossier de la chaussée. Ce marqueur est obtenu en reconstituant le bassin versant de LPE(g^*) situé à l'avant du véhicule (Figure 9).

Ce marqueur est lissé et utilisé pour générer un marqueur complémentaire, marquant l'ensemble des points de la scène n'appartenant pas à la chaussée (Figure 10).



(a)

(b)

Figure 9 : Extraction du marqueur primaire de la chaussée

a) LPE de g^ et pointeur à l'avant du véhicule b) marqueur extrait.*

Ces deux marqueurs M_1 et M_2 permettent la modification du gradient morphologique g (et non du gradient régularisé) (Figure 11). La ligne de partage des eaux du gradient modifié produit les contours de la chaussée (Figure 12).

B-2) Segmentation par simplification d'image

La recherche des marqueurs de la chaussée par simplification d'image consiste à construire d'abord une image simplifiée f' à partir de l'image f et de son gradient $g(f)$ (Figure 13).

Désignons par M l'ensemble des minima de g . Calculons la fonction h égale à :

$$h = f \cdot k_M$$

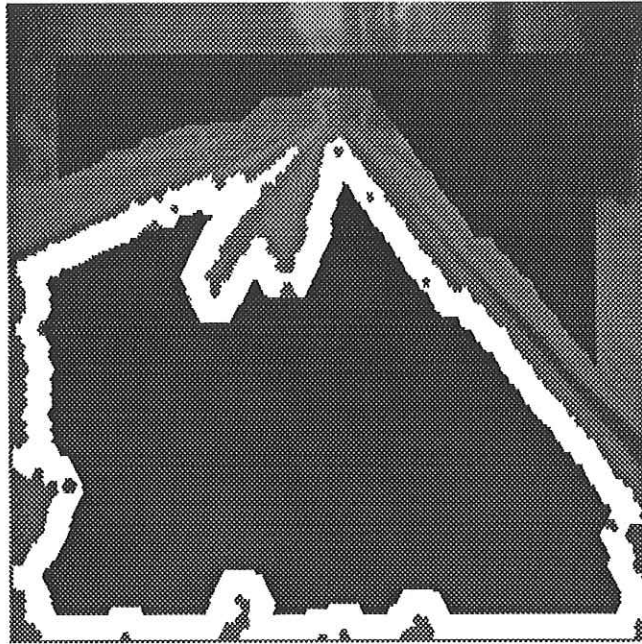


Figure 10 : Marqueurs sélectionnés

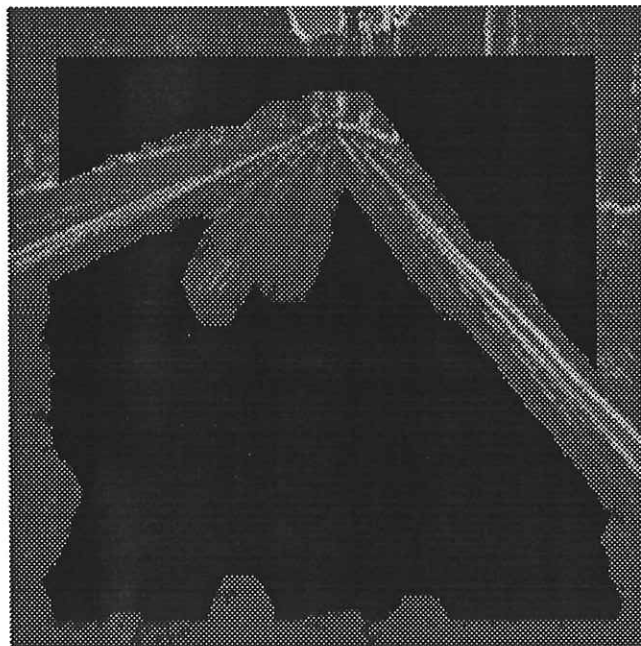


Figure 11 : Modification du gradient morphologique

Les marqueurs précédents sont injectés dans le gradient g qui est modifié. Le gradient final g' ne présente que deux minima.

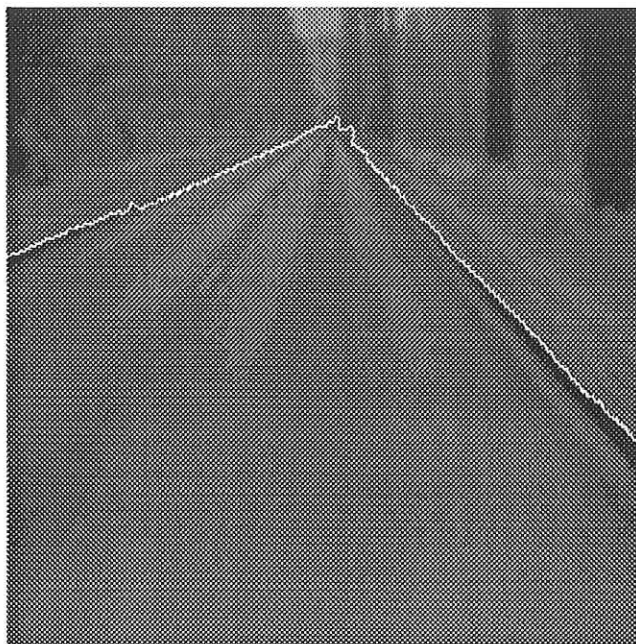


Figure 12 : Contours de la chaussée
 Ces contours correspondent à la LPE de g'

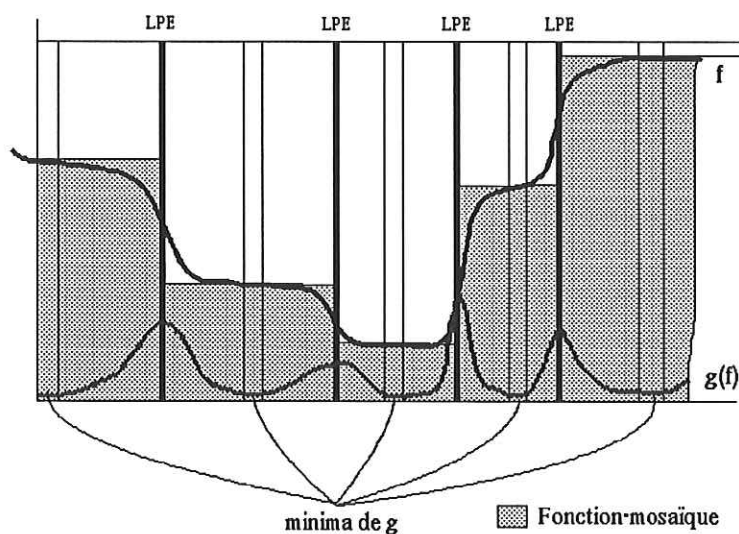
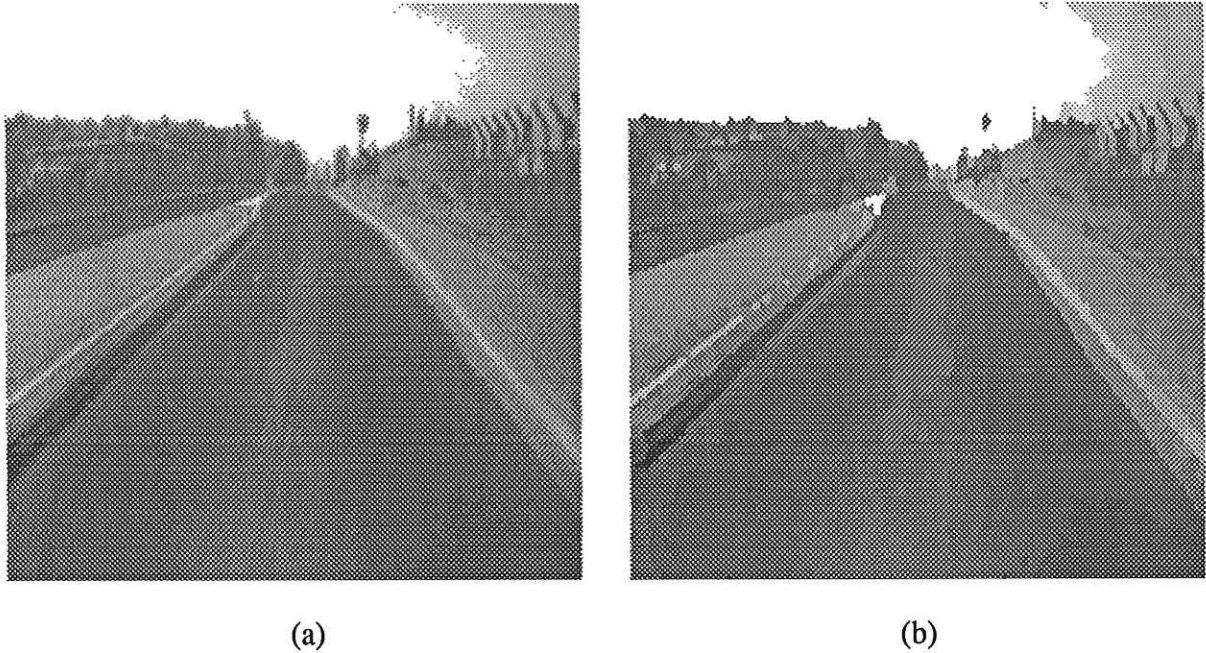


Figure 13 : Principe de la construction de l'image-mosaïque
 Les bassins versants du gradient prennent les valeurs de gris de f à l'aplomb des minima de $g(f)$.

et effectuons la reconstruction géodésique de h par dilatation dans les bassins versants de g . Cette opération produit une image où chaque bassin versant de g est valué. Cette valuation conduit à une image simplifiée f' constituée de "terrasses" (Figure 14). Cette image est appelée image-mosaïque.

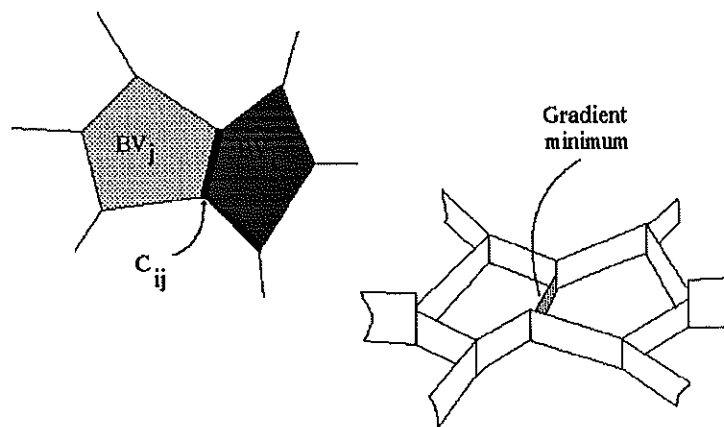


(a) (b)
Figure 14 : Exemple d'image-mosaïque
a) original b) image-mosaïque

On peut alors calculer le gradient de cette image-mosaïque, gradient nul partout sauf sur la LPE de g où il est égal pour chaque arc simple C_{ij} à la différence entre les valeurs de gris des bassins versants BV_i et BV_j séparés par C_{ij} (Figure 15).

$$\text{Grad}(C_{ij}) = |f_i - f_j|$$

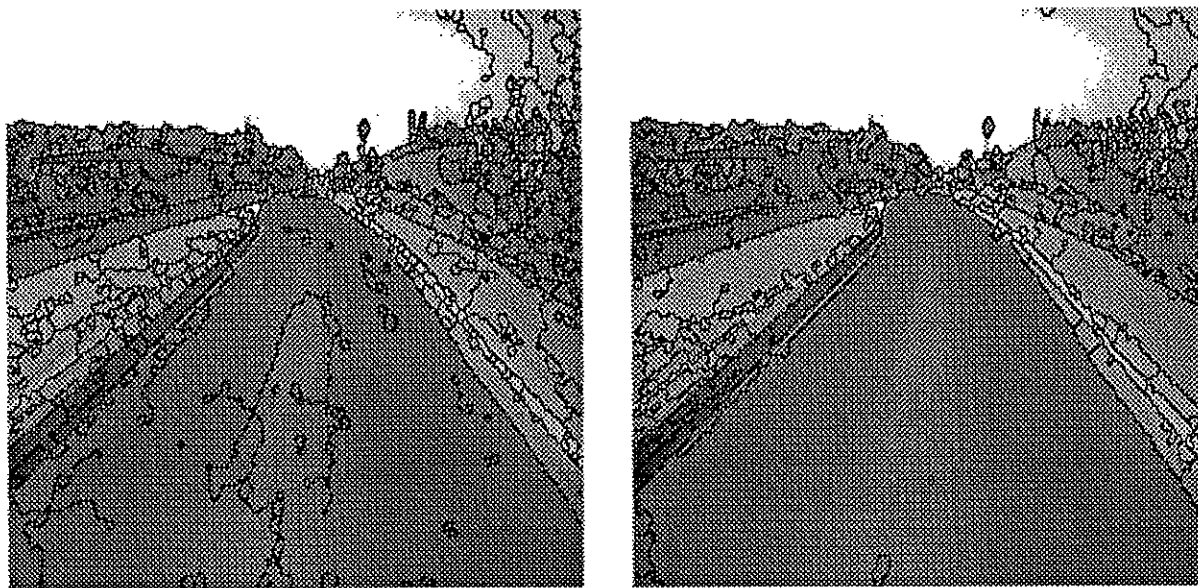
Construisons alors une fonction gradient-mosaïque étendue aux bassins versants. Cette fonction v se définit par ses seuils :



(a)

(b)

Figure 15 : Calcul du gradient de l'image-mosaïque
a) gradient du contour C_{ij} b) graphe du gradient



(a)

(b)

Figure 16 : Comparaison du marquage obtenu avec les deux procédés
a) LPE du gradient régularisé b) LPE du gradient-mosaïque

$$X_i(v) = \{x : v(x) \leq i\}$$

$$X_i(v) = \bigcup_j BV_j$$

où BV_j est un bassin versant adjacent à un arc de $LPE(g)$ de gradient-mosaïque inférieur ou égal à i .

La ligne de partage des eaux de cette fonction permet de mettre en évidence les régions de l'image qui, bien que non homogènes, sont bornées par des contours de contraste plus fort que celui qu'on peut rencontrer dans leur intérieur (cf. Figure 15). On pourra comparer le résultat obtenu avec cet algorithme, avec celui fourni par les gradients régularisés (Figure 16). Là encore le marqueur de la chaussée peut être extrait et réinjecté dans l'image gradient afin de la modifier.

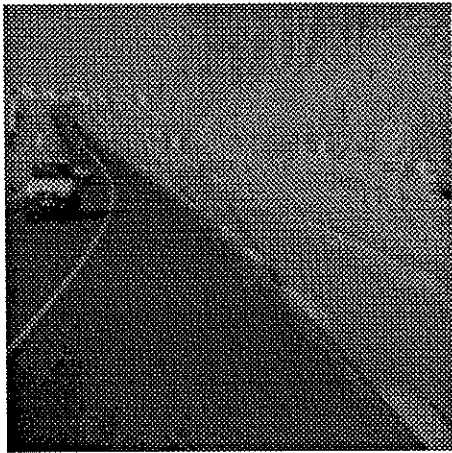
B-3) Traitements complémentaires

Divers traitements complémentaires sont possibles pour affiner la détection de la chaussée. On peut par exemple effectuer une segmentation voie par voie si le marquage au sol existe, même s'il est discontinu. Ce marquage au sol peut être détecté facilement à l'aide d'une transformée appelée chapeau haut-de-forme :

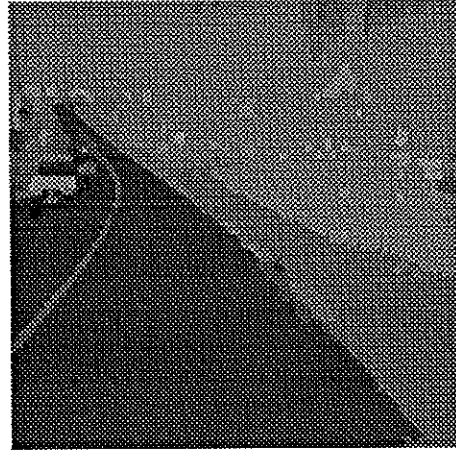
$$TH(f) = f - (f)_{iH}$$

où $(f)_{iH} = (f \ominus iH) \oplus iH$.

Cet opérateur met en évidence les formes allongées et claires de l'image. En ne conservant de cette image que les linéaments inclus dans le masque de la chaussée et suffisamment allongés (ce qui se fait en les squelettisant, et en déterminant leur longueur), on peut découper le masque primitif de la chaussée en autant de composantes connexes qu'il y a de voies, et utiliser ces marqueurs pour segmenter les voies (Figure 17).

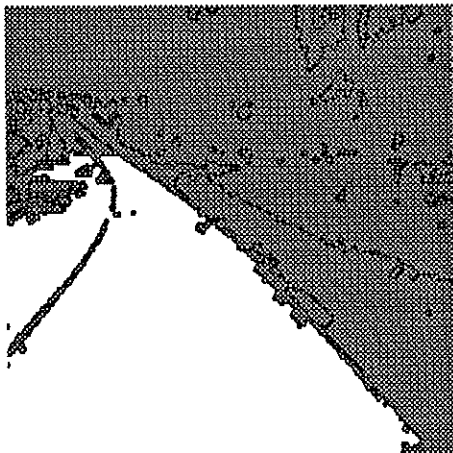


(a)

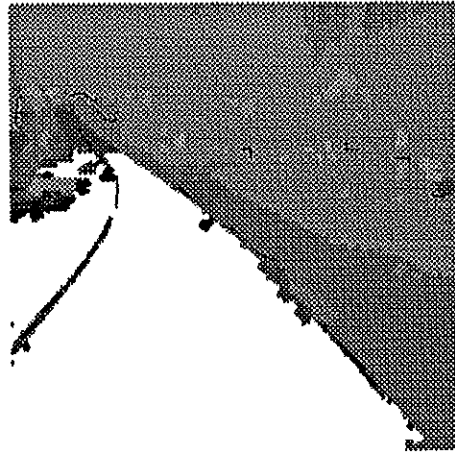


(b)

Figure 17 : Segmentation de la chaussée voie par voie
a) image originale b) image-mosaïque

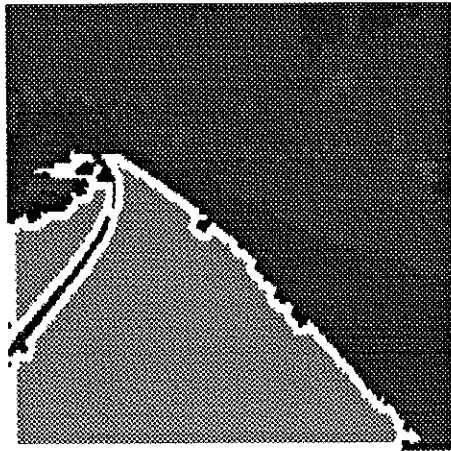


(c)

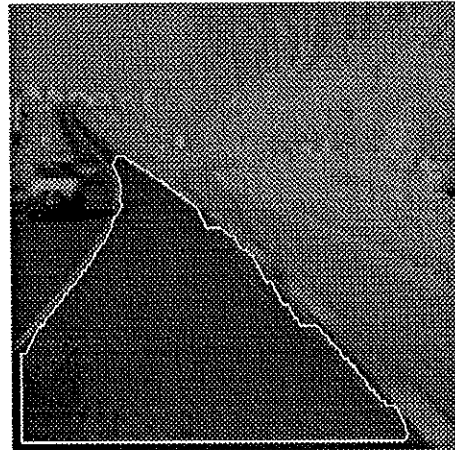


(d)

Figure 17 (suite) : Segmentation de la chaussée voie par voie
c) LPE du gradient de l'image-mosaïque et marqueur primaire d) détection du marquage au sol



(e)



(f)

Figure 17 (fin) : Segmentation de la chaussée voie par voie
e) amélioration du marquage des voies f) résultat final, voie de circulation.

C) Détection d'obstacles potentiels

La deuxième tâche de cette étude consiste à mettre en évidence les obstacles présents sur la chaussée. Comme nous avons déjà eu l'occasion de le mentionner [1], cette détection d'obstacles est illusoire sans une définition précise de la nature de ces obstacles et de l'utilisation de cette détection. En fait, cette détection par simple analyse d'image s'avère être une tâche impossible si on se réfère à la complexité de ces obstacles. Certes les obstacles prévisibles ou coopératifs comme les véhicules peuvent être mis en évidence sur l'image 2D par simple analyse de leur géométrie, à condition de savoir où les chercher. Le masque de la chaussée est, pour mener à bien cette analyse, d'une importance cruciale. Par contre, les obstacles imprévisibles étant par définition de géométrie inconnue, il est peu probable de les mettre en évidence par simple analyse bidimensionnelle. De plus, comment distinguer un obstacle potentiellement dangereux d'un artefact comme par exemple une variation de luminosité de la chaussée due à une ombre portée ? Il est donc nécessaire, pour trancher cette question, de disposer d'informations sur l'extension 3D de l'objet repéré. Cette

information peut en particulier être apportée par la stéréovision ou la télémétrie.

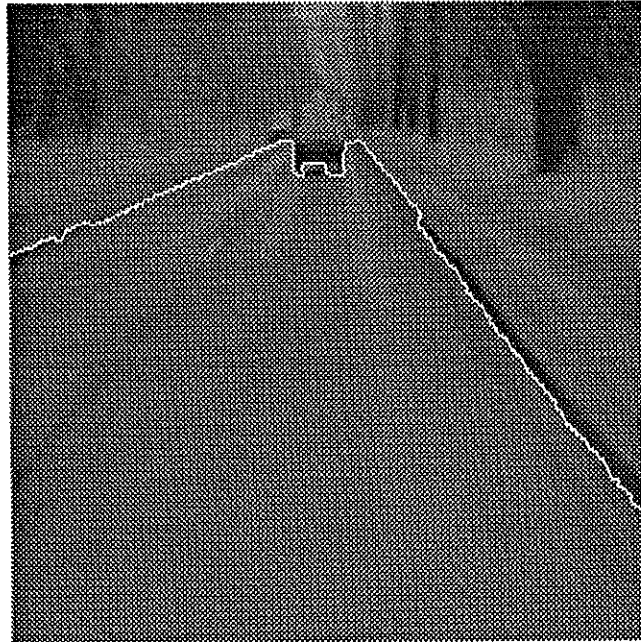


Figure 18 : Segmentation de la chaussée en présence d'obstacle (autre véhicule)

Pour toutes ces raisons, cette deuxième phase de l'étude a consisté uniquement à détecter des obstacles potentiels sans se préoccuper de vérifier leur réalité et leur dangerosité. Pour cela, on délimite dans l'image de la scène analysée des zones où des obstacles sont susceptibles de se trouver (d'où le terme d'obstacle potentiel). Pour ce faire, on utilise la segmentation de la chaussée. En effet, comme l'illustre la figure 18, la segmentation de la chaussée délimite la région située devant le véhicule correspondant à la portion de voie libre de tout obstacle. Un traitement simple de l'image permet de mettre en évidence la région de la chaussée occultée par un obstacle potentiel. Ce traitement est simplement une ouverture linéaire du masque de la chaussée (Figure 19). La région en avant de la zone libre pourra alors être explorée par télémétrie ou stéréovision afin de lever le doute quant à la nature de l'obstacle. En ce qui concerne

la télémétrie notamment, le pointé télémétrique se fera dans la zone délimitée et la distance mesurée par télémétrie pourra être comparée à la distance estimée déterminée par déformation perspective après calibration du système de prise de vue.

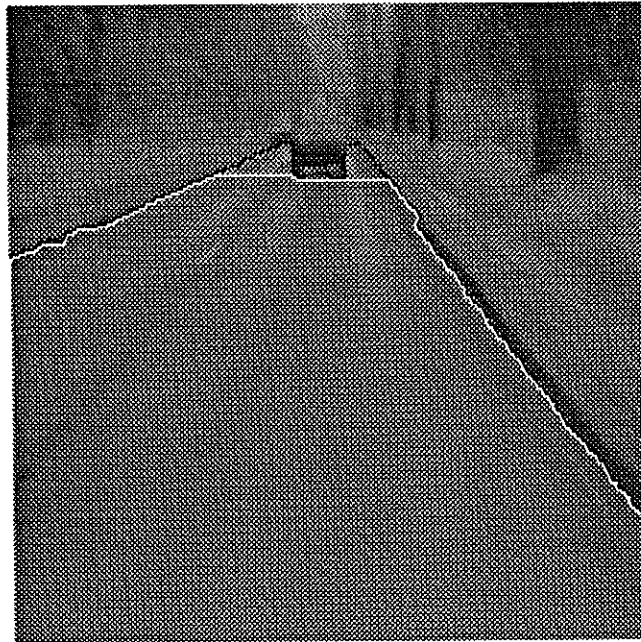


Figure 19 : Mise en évidence de la zone libre d'obstacles à l'avant du véhicule

En noir, contour de la chaussée, en blanc, délimitation de la zone sans obstacles à l'avant du véhicule.

Résultats et validation

Les algorithmes de segmentation ainsi que les premiers essais de détection de zones d'obstacles ont été testés sur une banque de scènes routières et autoroutières de jour, et dans des conditions météorologiques satisfaisantes (absence de brouillard, ou d'intempéries limitant fortement la visibilité). Une trentaine de situations ont été analysées. Une partie d'entre elles est représentée figure 20. Les images proviennent de la banque

de données fournies par PSA. Deux campagnes d'enregistrement ont été utilisées. La seconde ayant fourni des images plus contrastées, ce fait a permis de constater l'efficacité de la segmentation même lorsque la dynamique de l'image varie fortement.



Figure 20 : Exemple de scènes analysées

Les deux techniques de marquage décrites plus haut sont relativement équivalentes quant au résultat obtenu. La seconde fournit de meilleurs positionnements des marqueurs lorsque le contraste de l'image est suffisant.

Les figures 21 et 22 montrent les résultats obtenus en présence d'obstacles proches. Les figures 23 et 24 illustrent la détection obtenue dans le cas d'obstacles plus lointains. Remarquons que dans l'exemple de la figure 24, une détection voie par voie n'a pas été entreprise. De plus, dans

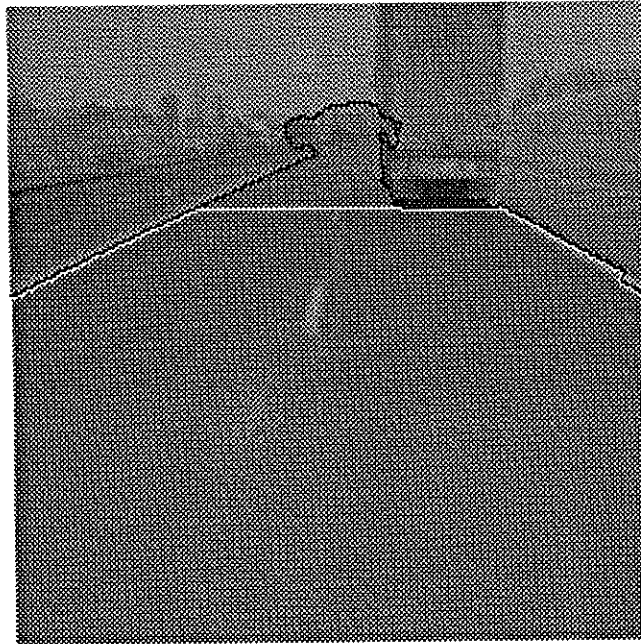


Figure 21 : Segmentation en présence d'obstacle proche
On remarquera l'imprécision de la segmentation lorsque le contraste est faible.

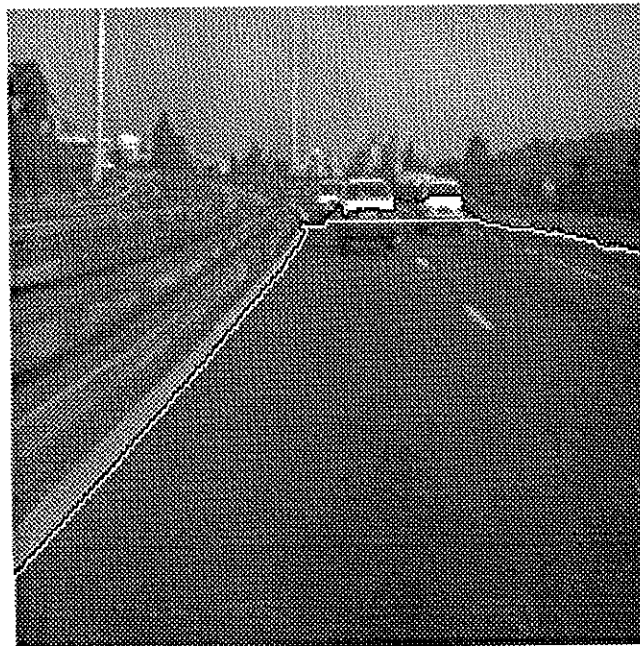


Figure 22 : Obstacles proches (véhicules)- autre exemple

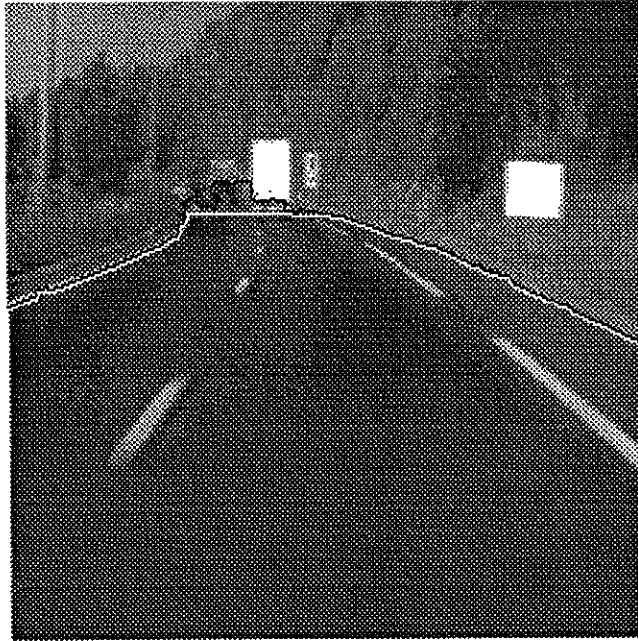


Figure 23 : Segmentation en présence d'obstacles lointains

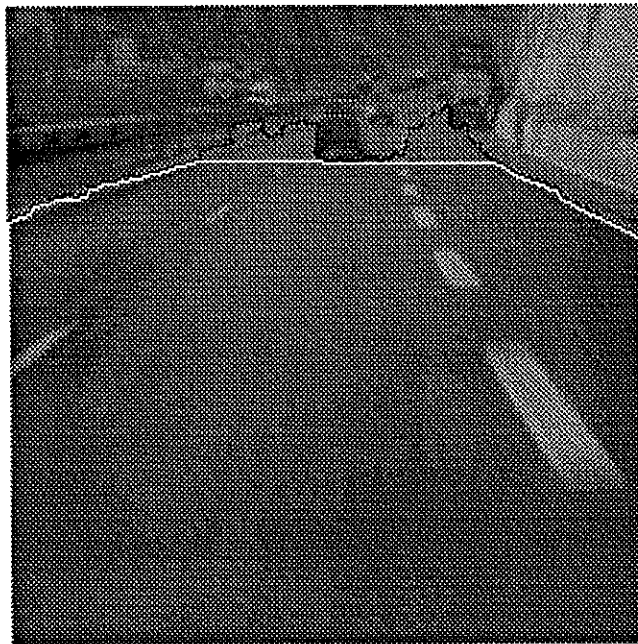


Figure 24 : Obstacles lointains, autre exemple

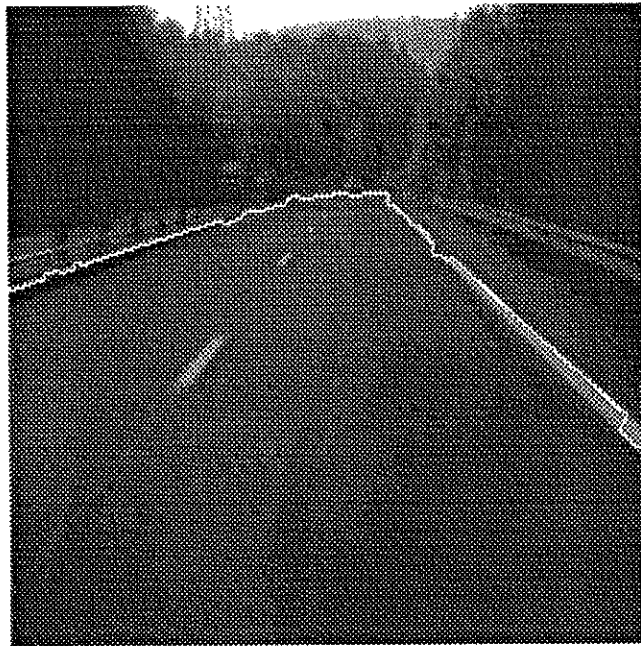


Figure 25 : Segmentation d'une chaussée autoroutière sans obstacle

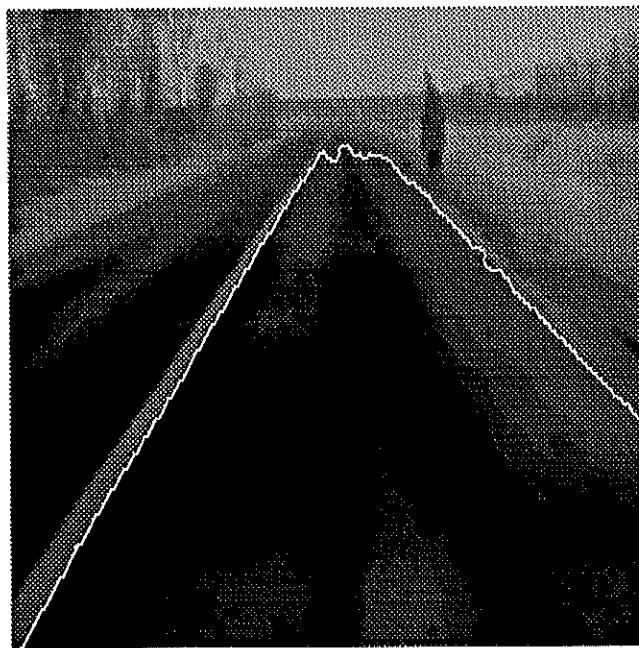


Figure 26 : Segmentation d'une route de campagne peu contrastée

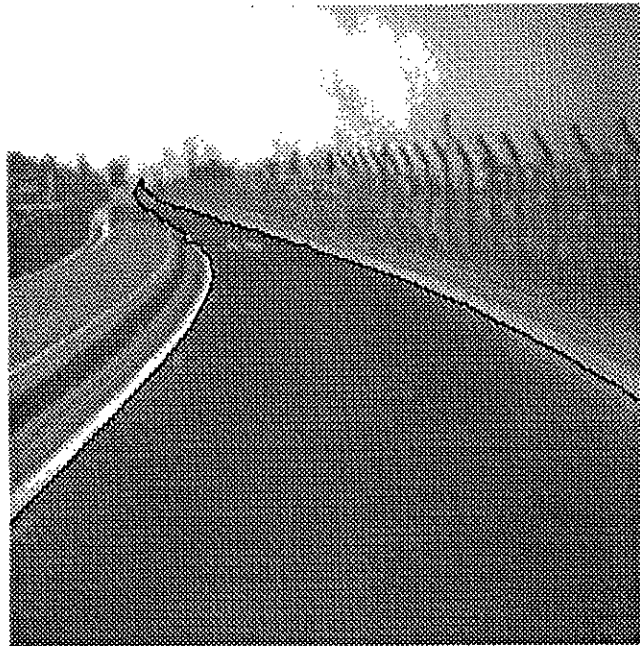


Figure 27 : Détection d'une chaussée en courbe

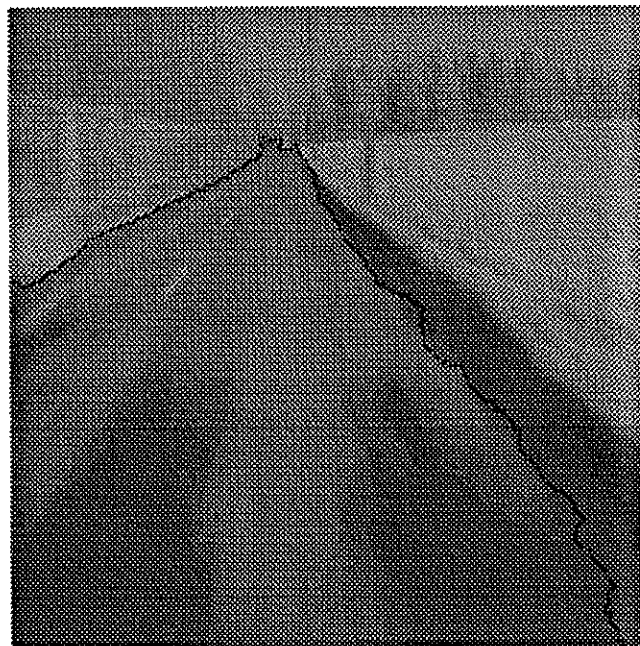


Figure 28 : Détection de la chaussée sur une route de campagne faiblement contrastée

tous ces exemples, les obstacles rencontrés sont coopératifs. Il n'existe pas, en effet, dans les banques de données actuelles de situations où on se trouve en présence d'obstacles imprévisibles. Les figures 25 et 26 montrent la segmentation de la chaussée en l'absence d'obstacles, dans le cas autoroutier (Figure 25), et dans le cas d'une route de campagne (Figure 26). La figure 27 représente le résultat de la détection d'une chaussée en courbe. Les algorithmes utilisés dans ce cas de figure sont tout aussi performants. Enfin, la figure 28 montre la segmentation obtenue lorsque l'image est facilement contrastée (elle provient de la première banque d'images) et que la chaussée ne présente aucun marquage au sol (route de campagne). Dans ce cas, les contours de la route sont plus fluctuants, mais la détection est suffisamment précise pour être utilisée et lissée.

Perspectives et travaux futurs

Les premiers résultats, pour encourageants qu'ils soient, nécessitent cependant une validation plus poussée avant de pouvoir certifier leur robustesse. Cette validation est en cours actuellement. Le seul problème rencontré dans l'analyse actuelle est dû aux ombres portées sur la chaussée, qui peuvent être considérées comme des obstacles potentiels (Figure 29). Dans ce cas, la zone libre d'obstacles potentiels devant le véhicule apparaît comme très courte. Dans ce genre de situation la télémétrie ou mieux, la stéréovision (car il s'agit d'obstacles proches) devraient permettre de décider de la réalité de l'obstacle, pourvu que le système de détection ne soit pas saturé par la répétitivité du phénomène. Une autre approche consisterait à utiliser l'imagerie couleur. Dans ce cas de figure, et sur routes de campagne, la couleur des bas-côtés devrait permettre d'augmenter les contrastes des contours correspondants (à condition de travailler sur l'information couleur) et la mise en évidence du marqueur de la chaussée par simplification d'image devrait pouvoir fournir d'assez bons résultats. Ceci bien entendu entraînera des surcoûts matériels et une algorithmique plus complexe, donc des vitesses de traitement plus lentes.

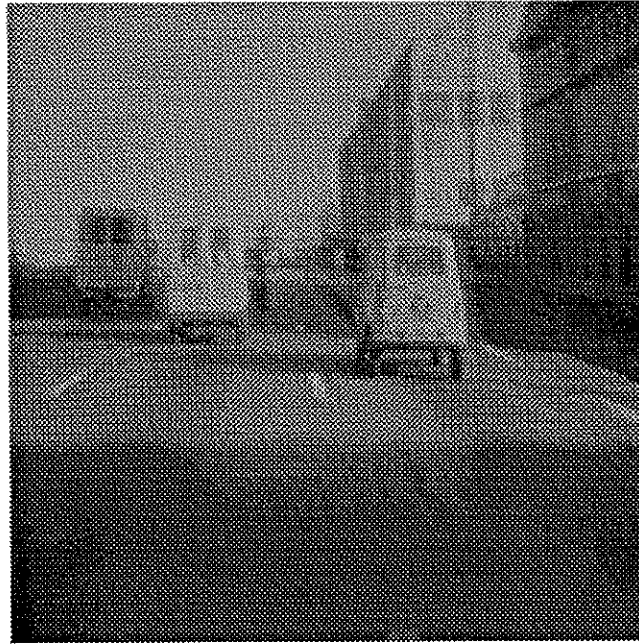


Figure 29 : Exemple de scène avec ombres portées

Afin d'augmenter ces vitesses de traitement, diverses tâches sont actuellement en cours. D'abord, divers algorithmes de ligne de partage des eaux rapide sont testés. Ces algorithmes utilisent des procédures parallèles et des représentations de l'image sous forme de fléchage. Ensuite, la segmentation de la chaussée peut être effectuée en tenant compte des marqueurs détectés dans les images précédant l'image courante. Ces algorithmes nécessitent cependant l'introduction d'informations concernant le déplacement du véhicule (vitesse notamment).

La détection d'obstacles potentiels ne pourra être définitivement validée que lorsque des images télémétriques couplées avec des images caméra seront disponibles.

Références bibliographiques

- [1] S. BEUCHER - Projet PROMETHEUS. Etat d'avancement des travaux, rapport n° 1, N-16/89 - C.M.M., Juillet 1989 (confidentiel)
- [2] S. BEUCHER - Projet PROMETHEUS. Etat d'avancement des travaux, rapport n° 2, N-23/89 - C.M.M., Novembre 1989 (confidentiel)
- [3] S. BEUCHER, L. VINCENT - Introduction aux outils morphologiques de segmentation, N-35/88 - C.M.M., Décembre 1988.
- [4] X. YU - Analyse d'une scène routière : reconnaissance de la route, mémoire de D.E.A., IARFAG-Paris VI, Août 1989.