

L'imagerie routière et ses applications à la gestion de la route

Chaussées
Dépendances
123

Pour préparer, programmer et réaliser des opérations de réaménagement, d'entretien et d'exploitation, les gestionnaires doivent disposer a minima d'un ensemble de données (inventaire du patrimoine, localisation, contexte du lieu d'intervention, etc.). Parmi l'éventail de solutions techniques existantes, l'imagerie routière peut apporter une aide pour obtenir, exploiter et stocker l'ensemble des informations utiles aux gestionnaires. Ceci consiste en la collecte des images de la route et de son environnement proche, tout au long d'un itinéraire, à l'aide d'appareils à haut-rendement. Ces séquences d'images référencées (localisation et date) peuvent être consultées et analysées par la suite.

Après avoir recensé les usages possibles des images par les gestionnaires (par exemple des avis sur des aménagements de sécurité, ou le relevé d'équipements en bord de route ...), l'objectif de cette note d'information est de faire partager l'expérience et les connaissances du Réseau Scientifique et Technique (RST) du Ministère dans le domaine de l'imagerie routière, du cadrage d'une prestation jusqu'à l'exploitation des images.

Le but est également de présenter les différents outils, techniques, matériels et logiciels, d'acquisition, de visualisation et d'analyse d'images, existants et en cours de développement au sein du RST.

Elle s'adresse principalement aux gestionnaires du réseau routier national, mais aussi de manière générale à l'ensemble de la communauté routière désirant approfondir ses connaissances sur cette thématique. Elle ne traite pas de l'imagerie en temps réel, utilisée par exemple pour la gestion de trafic.

Sommaire

Périmètre d'application de l'imagerie routière	2
La commande d'images par le gestionnaire	2
Les usages possibles de l'imagerie par le gestionnaire routier et ses limites	3
Les outils utilisés au sein du RST du MEEDDM	5
Les axes de recherche et les évolutions futures	12
Conclusion	16
Glossaire	16
Bibliographie	17

1 - Périmètre d'application de l'imagerie routière

Les technologies d'imagerie routière ont fortement évolué ces dernières années et ont permis de proposer un certain nombre d'outils pour la gestion du patrimoine routier et l'amélioration de la sécurité routière. En pratique, des séquences images de scènes routières sont acquises, tout au long d'un itinéraire, par une caméra montée sur un véhicule en circulation en situation réelle. Cette banque d'images peut ensuite être consultée et analysée selon les besoins des gestionnaires. Diverses expérimentations ont permis de voir de manière concrète le périmètre et les limites d'utilisation de l'imagerie routière. Le présent document ne traite pas de l'imagerie en temps réel, utilisée par exemple pour la gestion de trafic.

1.1 - L'utilisation de l'imagerie pour la gestion de la route et la sécurité routière

L'imagerie routière peut apporter une aide significative à l'ensemble des professionnels chargés de l'exploitation du réseau routier. Elle trouve son utilité dans différents aspects liés à la gestion de la route en permettant :

- la visualisation d'images localisées et datées, de scènes routières et la navigation dans des séquences correspondant à un itinéraire, route ou portion de route. L'utilisation de l'imagerie routière peut alors faciliter le dialogue entre les services, la préparation des visites de chantier, les études de réaménagement, la visualisation des zones difficiles d'accès ou pour lesquelles des problèmes de sécurité sont posés¹ ;
- le relevé d'informations utiles à la maintenance du patrimoine routier et à la sécurité routière. L'objectif peut être d'inventorier de façon systématique les éléments constitutifs du patrimoine routier afin de mettre à jour les bases de données, ou d'identifier un élément précis pour répondre à une demande de l'exploitant. Les éléments à relever peuvent être de nature qualitative (signalisation verticale, signalisation horizontale, dépendances et équipements de la route...) ou quantitatives (largeur de chaussées, surface, distance d'un élément à la voie ...) ;
- l'archivage des séquences d'images pour une amélioration des connaissances sur l'évolution du réseau routier.

Enfin, d'une manière générale, l'utilisation de l'imagerie routière permet de limiter les risques pendant les interventions sur le terrain et de s'affranchir de déplacements coûteux et répétés.

1.2 - Les contraintes techniques

L'imagerie routière présente un certain nombre de contraintes et de limites d'utilisation :

- le relevé d'image sur le terrain n'est possible que de jour. Les matériels de prise de vue nécessitent de bonnes conditions climatiques pour réaliser des images de bonne qualité. En particulier, le brouillard et la pluie rendent très difficile voir impossible le relevé d'image ;
- les objets et événements visibles doivent être proches de la chaussée ;
- le relevé reste visuel et ne permet donc pas d'apprécier, par exemple, l'état mécanique ou électrique ;
- actuellement, dans le cadre d'acquisition mono-caméra, les mesures ne sont pertinentes que dans le plan de la chaussée.

2 - La commande d'images par le gestionnaire

L'imagerie routière ne doit pas être considérée comme une finalité en soit mais demande en premier lieu la définition d'un cadre d'emploi au service d'une politique de gestion de la route. Le gestionnaire doit notamment se questionner sur l'opportunité de posséder des images :

- qui va les utiliser ?
- comment utiliser les images (stockage et partage des images, logiciels d'utilisation) ?
- quel va être leur champ d'application ?
- l'information n'existe-t-elle pas déjà ailleurs (base de données nationale, outil de repérage sur Internet) ?

¹ L'étude des images routières ne peut conduire seule à un diagnostic de sécurité. En effet, compte tenu de la fréquence des relevés, il peut exister un décalage entre la date du ou des accidents et la date de l'image routière.

Une fois l'opportunité du besoin d'images définie, il faut notamment réfléchir aux points suivants :

- la fréquence de renouvellement de la prise d'image ;
- la mutualisation de ces informations avec d'autres outils (base de données, etc.).

Il est également important pour le gestionnaire et le prestataire du relevé d'images de bien définir au préalable un cadre de commande fixant notamment :

- la nature de la commande : uniquement de l'acquisition d'images, ou une aide au relevé et à la mesure dans les images? Dans ce dernier cas, il convient de fixer précisément quels objets / événements doivent être relevés et sous quelle forme doit s'effectuer le rendu ;
- les conditions d'acquisition en fonction de la nature de la commande (accotements fauchés pour réaliser des mesures de largeur de bord de route, repérage des marques de PR, etc.) ;
- le périmètre d'action géographique (réseau, etc.) ;
- les délais de livraison de la prestation (fortement dépendants des saisons et des conditions climatiques et de la nature de la commande).

3 - Les usages possibles de l'imagerie par le gestionnaire routier et ses limites

3.1 - Une expérimentation menée en 2006

De nombreuses expérimentations d'imagerie ont été menées au sein du RST. La plus récente a été menée en 2006 sous l'égide de la Direction des Infrastructures de Transport (DIT) et du Sétra par la Direction Interdépartementale des Routes (DIR) Nord-Ouest et le Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) Normandie-Centre, à partir d'un relevé d'images réalisé à l'aide de la technologie IRCAN (cf. Partie 4) et de leur exploitation, afin de pouvoir mieux cerner les cas d'utilisation de l'imagerie routière pour l'aide à la gestion de la route.

Le cahier des charges portait notamment sur l'évaluation des points suivants :

- la connaissance du patrimoine routier :
 - quels objets routiers peuvent être relevés (glissières, accotements, signalisation verticale et horizontale, dispositifs d'assainissement, plantations et dépendances vertes, zones d'arrêt d'urgence, etc.) ?
 - une évaluation de leur inventaire et de leur état est-elle réalisable facilement ?
- l'amélioration du dialogue entre les services ;
- l'aide aux diagnostics et aux études d'aménagement du réseau.

3.2 - Le bilan de l'expérimentation

3.2.1 Le relevé d'inventaire et d'état du patrimoine routier

Cette expérimentation a permis de faire le constat suivant pour les équipements et dépendances.

Types d'équipements ou de dépendances	Constat vis-à-vis de l'imagerie
Bande de Dérasement Droite (B.D.D).	Les images permettent d'avoir un aperçu correct de la B.D.D.
Terre-Plein Central (T.P.C.)	Le passage des véhicules, et notamment des poids lourds (PL) en voie rapide, génère une perte de visibilité, masquant la vision du TPC et, compte tenu de la durée du dépassement, conduit à ne pas voir le TPC sur les linéaires de 100 à 300 m.
Végétation en section courante	Le calage de la campagne de prise de vue, après une campagne de fauchage, est indispensable pour disposer d'une bonne visibilité. L'évaluation de l'état des arbres est impossible.
Aménagements spécifiques	Seuls les points d'arrêt et refuge sont bien visualisés.
Assainissement	La vision des fossés enherbés est fortement liée au fauchage. La vision des fonds de fossé béton est très difficile. L'évaluation des ouvrages d'assainissement à partir des images IRCAN est très difficile, voire impossible.
Signalisation verticale et balisage	Les images offrent une vision correcte de ces équipements. Elles permettent la réalisation d'un pré-inventaire rapidement. Par contre, le relevé par imagerie ne permet pas de prendre en compte la performance de la rétro réflexion comme critère.
Dispositif de retenue	Les images offrent une vision correcte de ces équipements en rive. En TPC, la problématique de la présence de PL en voie rapide a été à nouveau rencontrée, ainsi que la présence de végétation. Le relevé par imagerie ne permet pas de prendre en compte le critère de conformité qui constitue un indicateur d'état essentiel pour le gestionnaire.
Eclairage	L'absence de tels équipements sur cette section évaluée n'a pas permis le test.
Equipements de collecte	Les images offrent une vision correcte.

Ainsi les images recueillies permettent de distinguer la route et une grande partie de son environnement proche.

Il est à noter que concernant le relevé d'état, la caractérisation "état visuel" correspond uniquement à un relevé d'état visuel simple d'un objet et ne permet pas le contrôle par exemple :

- d'états mécaniques complexes (portiques, etc.) ;
- de fonctionnement d'équipements (rétro réflexion de panneaux, etc.).

3.2.2 Les autres applications de l'imagerie routière

Les premiers besoins et usages ci-après ont été mis en évidence par l'expérimentation :

- avis sur dossier d'exploitation/arrêt, visualisation de la section concernée ;
- gestion de crise, visualisation d'un point particulier ;
- suivi de l'accidentologie² – Visualisation des lieux / pré-analyse et aide au diagnostic ;
- études d'aménagement, identification des sections, (inventaire, mesure de distance, etc.) ;
- entretien préventif des chaussées – programmation / préparation des visites de réseau ;
- participation à la réalisation des diagnostics de la démarche SURE³ ;

² Attention toutefois à vérifier que la date de l'image correspond à la date de l'accident

³ Pour en savoir plus sur la démarche SURE : <http://www.securitedesinfrastructures.developpement-durable.gouv.fr>

- avis sur aménagements de sécurité, et cohérence avec l'itinéraire ;
- programme de traitement des obstacles latéraux ;
- vérification de la cohérence des limitations de vitesse ;
- vérification ponctuelle de la signalisation directionnelle mise en place et de sa cohérence avec l'itinéraire ;
- décellement des problèmes de profil, de perte de visibilité et de la cohérence avec la signalisation horizontale mise en place ;
- travaux/interventions : élaborer des stratégies de pose de panneaux en amont de l'intervention ;
- gestion de patrimoine : affiner les informations disponibles dans les systèmes d'information, les compléter avec une vue d'ensemble.

Cette liste n'est naturellement pas exhaustive. Elle met en évidence l'intérêt de l'imagerie pour faciliter le dialogue entre les services afin d'apprécier une configuration donnée en préparation ou en substitution d'un déplacement sur le terrain.

4 - Les outils utilisés au sein du RST du MEEDDM

Pour mener cette expérimentation, il a été utilisé des outils et procédés développés par le réseau scientifique et technique du MEEDDM. L'objet de cette partie est de présenter ces outils ainsi que les principaux développements et évolutions en cours.

4.1 - Historique de l'imagerie routière au sein du RST

Ce schéma a pour but de présenter de façon rapide un aperçu des différents outils développés par le RST du MEEDDM dans le domaine de l'imagerie et des bases de données routières. De nombreux outils ont été développés au cours des dernières décennies. L'idée actuelle est de rassembler toutes ces connaissances au sein de nouveaux outils. Seuls seront abordés dans cette note ces outils les plus récents (en **couleur** dans le schéma).

Outils pour le relevé d'images	Logiciels de visualisation et d'exploitation des images	Bases de données
<p>- ~1975 – 1989 : CaméRoute (LR Bordeaux puis autres)</p> <p>Analogique puis Analogique numérisé :</p> <p>- 1987 – 2001 : VidéoRoute (LR St Brieuc, Angers, Autun, Rouen)</p> <p>- 1990 – 2001 : VisioRoute (LR Bordeaux)</p> <p>- 1992 – 2001 : CALAO (LCPC), Acqimv (LRS) , VANI (LR Lyon)</p> <p>Tout numérique :</p> <p>- 1998 – 2001 : 4 appareils photos (LR Lyon), VANI (LR Lyon)</p> <p>- 2001 – 2004 : IRCAN 1 (RST)</p> <p>- à partir de 2005 : IRCAN 2 (RST) (cf. partie 4.2.1)</p> <p>2010 ... stéréovision (cf. partie 5.1)</p>	<p>ACCOCETE</p> <p>PIXIROUTE (utilisé pour l'expérimentation en 2006)</p> <p>2009 – IREVE (outil pour le traitement et l'exploitation d'une banque de données d'image IRCAN, cf. partie 4.3.2)</p> <p>2009 – ISIMAGE (outil intranet de visualisation du réseau routier national non concédé, cf. partie 4.3.1)</p>	<p>BANQUE DE DONNÉES ROUTIÈRES (BDR)</p> <p>VISAGE</p> <p>2010 – GPR (Gestionnaire de Patrimoine Routier) et ISIDOR v2</p>

4.2 - L'acquisition des images

4.2.1 L'appareil « MLPC IRCAN » pour les images

L'Appareil   Grand Rendement (AGR) du RST permettant l'acquisition mono-caméra de scènes routières se nomme IRCAN (Imagerie Routière par CAM era Numérique). Ce matériel du laboratoire des Ponts et Chaussées permet de capturer en couleur des images fixes de la route et de ses abords immédiats. Les images sont repérées le long d'un itinéraire en abscisse curviligne avec une précision inférieure à 10 cm. Le système étant calibr e, les images peuvent être utilisées pour effectuer des mesures dimensionnelles dans le plan de la chaussée. IRCAN est conçu pour fonctionner sur tout véhicule roulant à une vitesse variable en s'insérant dans le trafic routier, sans nécessité de protection particulière (cf. Figure 1a). Il est mis en œuvre par deux agents : un chauffeur et un opérateur. Le déclenchement des acquisitions s'opère indépendamment de la vitesse, à des intervalles de distance réguliers d etermin es par l'opérateur (paramétrables entre 1 et 20 m). Le relevé de points d'intérêt comme les PR ou les carrefours est effectu e en temps réel par l'opérateur.

L'IRCAN deuxième génération, disponible depuis 2005, est  quip e d'une caméra numérique couleur CCD haute résolution (1280x1024 pixels ou 1920x1080 pixels), associée à un objectif grand angle motoris e (cf. Figure 1b). Le logiciel d'acquisition permet à la fois un ajustement automatique du gain et du temps d'exposition et un réglage manuel de l'ouverture du diaphragme de l'objectif (cf. Figure 1c). Le Réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées dispose à ce jour de dix véhicules opérationnels IRCAN. Il est dans certain cas associ e à d'autres AGR LPC (par exemple LOC APO, qui permet un géoréférencement des images et MOGEO, qui permet notamment le relevé de pentes et de dévers).



Figure 1(a) : véhicule IRCAN



Figure 1(b) : caméra fixée sur un support permettant de régler son orientation en termes de piqu e, cap et horizontalité



Figure 1(c) : interface du logiciel d'acquisition IRCAN

A partir de ces images numériques, dont la position le long du réseau routi er est connue, de nombreuses applications sont possibles, à la fois en termes de relevé et de mesures dans l'image, grâce à la plate-forme logicielle IREVE (Imagerie Routière, Etalonnages, Visualisations et Exploitations).

4.2.1.1 Le calibrage

Le système de mesure à partir des images acquises par IRCAN utilise l'hypothèse du « monde plan ». En effet, une image est une projection bidimensionnelle d'une scène tridimensionnelle et, par conséquent, la relation entre la scène et l'image n'est pas inversible : on aurait à résoudre un système à 2 équations et 3 inconnues. En supposant la route localement plane et d'altitude nulle à l'avant du véhicule (cf. Figure 2), la relation devient inversible et il est possible de transformer une mesure à l'image en une mesure dans le plan de la chaussée.

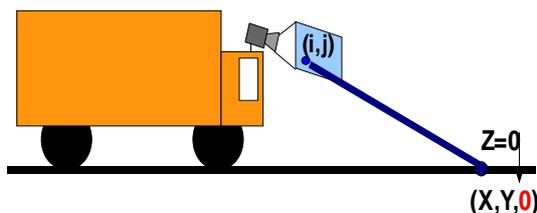


Figure 2 : principe du calibrage

Afin d'estimer les paramètres de la relation entre le plan image et le plan de la chaussée, il est nécessaire de procéder à un calibrage. Le modèle de prise de vues inclut deux types de paramètres :

- les paramètres intrinsèques liés à l'optique, la caméra et le convertisseur analogique / numérique. Il schématise la caméra et son objectif par un centre optique, une focale et des paramètres de distorsion ;
- le positionnement de la caméra par rapport à un repère arbitraire attaché à la scène observée. Les paramètres associés sont dits géométriques ou extrinsèques. Il s'agit de trois angles et de trois coordonnées de translation.

L'opération de calibrage nécessite l'acquisition d'une image d'une grille peinte au sol, de caractéristiques géométriques connues (cf. Figure 3a). Un algorithme permettant la détection automatique des bandes de marquages de la grille, issu de travaux de recherche [3] a été implémenté afin de faciliter l'opération (cf. Figure 3b).

Il est nécessaire d'effectuer un nouveau calibrage dès que l'un des éléments de la chaîne est modifié : nouvelle position ou orientation de la caméra, changement de caméra ou d'optique, par exemple.

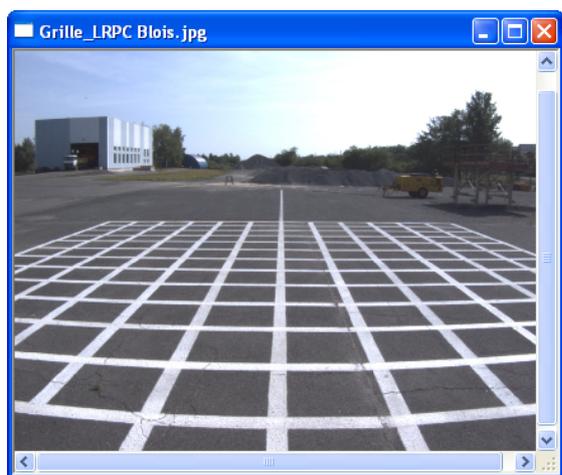


Figure 3(a) : image de la grille de calibrage utilisée par le LRPC de Blois, la courbure des lignes horizontales est due à la distorsion de l'optique

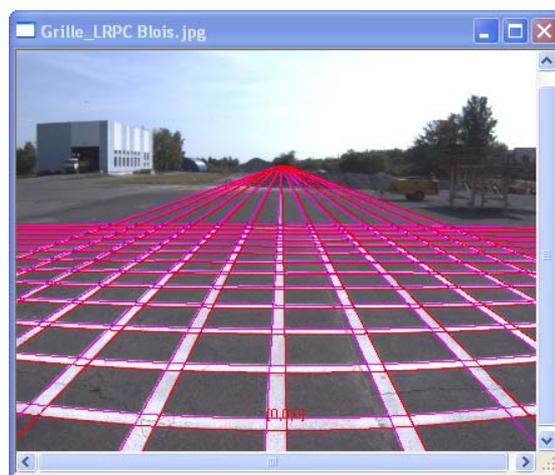


Figure 3(b) : détection automatique des bandes de marquages sur cette grille.

4.2.1.2 Les pré-traitements

Les pré-traitements des images sont effectués à l'aide du logiciel IREVE LABO par l'équipe qui a réalisé les prises de vue. Ils se décomposent en différents modules :

- association des paramètres de calibrage à la session ;
- colorisation des images. En effet, les caméras enregistrent des images brutes avec un codage de couleur spécifique, dit codage de Bayer (format "RAW") ;
- correction de la distorsion qui peut être appliquée en parallèle avec éventuellement une compression des images ;
- recalage précis du bornage de référence à partir des images (Figure 4). En effet, les points de repère sont habituellement localisés par l'opérateur au cours des prises de vue. Cette méthode peut conduire à un positionnement imprécis, en particulier à grande vitesse. La visualisation du bornage au sol permet un repérage de précision décimétrique.

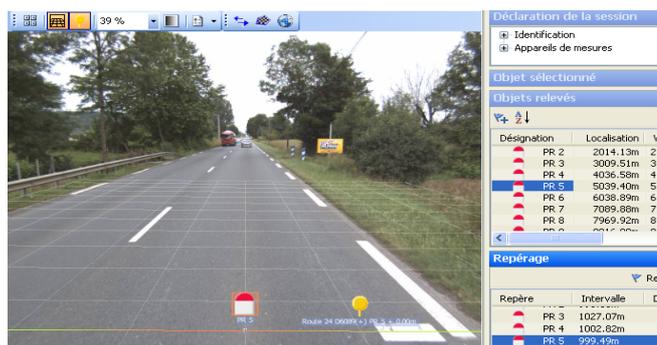


Figure 4 : positionnement précis du bornage à l'aide du logiciel IREVE LABO

Après application des différents pré-traitements, les images sont prêtes à être livrées au client, qui pourra les visionner et effectuer des mesures et relevés, à l'aide des logiciels de la gamme IREVE.

4.2.2 Aspect pratique de l'acquisition

Quels que soient les traitements effectu es, l'élément fondamental et commun à toute acquisition d'image est **la qualité de l'image initiale** : cette qualité d'image doit être prise en compte à tous les stades de la chaîne d'imagerie, de l'acquisition au pré-traitement.

En termes d'acquisition, quelques recommandations peuvent être propos es :

- certaines opérations doivent être effectu es avant l'acquisition des scènes routières : réglage de l'orientation et de la netteté de la caméra, acquisition d'une image de grille pour effectuer le calibrage. Les opérateurs définissent également un pas de distance entre les prises de vue. Une distance de cinq mètres entre deux images permettra d'effectuer un relevé plus précis et facilitera le traitement automatique des donn es (cf.5.2). Les capacités des disques durs ne constituent ou ne constitueront plus dans un avenir proche une limite au choix d'une distance inter-images de cinq mètres ;
- la luminosité est un critère important pour obtenir des images de scènes routières de bonne qualité (cf. Figures 5). Aussi, la période hivernale est peu propice à une campagne d'acquisition. En dehors de cette période, les opérateurs doivent veiller à l'orientation du véhicule par rapport au soleil et définir dans la mesure du possible leur parcours en fonction de ces contraintes lumineuses ;
- au cours de l'acquisition, l'opérateur peut effectuer des réglages (ouverture du diaphragme et temps d'exposition) en fonction des changements de luminosité (zones ombrag es par exemple). Une acquisition à une vitesse de 90 km/h ne pose pas de problème pour les images. A des vitesses supérieures, des effets de flous peuvent apparaître, notamment lorsque le temps d'exposition est élevé ;
- le trafic ne doit pas être trop important pour avoir un meilleur champ visuel.

Lors de la phase de pré-traitement, les points suivants apparaissent importants :

-   l'issue de la colorisation, la couleur des images doit refléter la couleur réelle de la scène. Pour vérifier cette hypothèse, une méthode consiste à contrôler la couleur de zones "connues" comme les marquages routi ers (blancs). Si la couleur de la zone connue à l'image ne correspond pas à la réalité, il peut être utile de refaire une colorisation des images en ajustant les gains des composantes colorimétriques (rouge, vert ou bleu) de manière à tendre vers la couleur réelle de la zone observ e ;
- les images coloris es sont enregistr es au format compressé "jpeg". Une trop forte compression permettra de limiter la taille des fichiers de sortie mais impliquera une dégradation de la qualité visuelle des images. Actuellement, une compression minimum, qualité "jpeg"   80%, est fortement conseill e.



(a) image en contre-jour



(b) image sous-expos e



(c) image correcte

Figures 5 : exemples d'images acquises avec l'IRCAN

Une excellente qualité des images est essentielle pour l'exploitation de celles-ci, notamment en terme de précision des relevés et de confort visuel de l'opérateur. Elle permet également de garantir les performances des outils de détection automatique pr sent e au paragraphe 5.2.

4.3 - Les outils pour la visualisation et l'exploitation des images

4.3.1 Les outils de visualisation : ISIMAGE

Isimage est une application permettant de visualiser en mode web les images du réseau routier national acquises par les DIR (Directions Interdépartementales des Routes) auprès des LRPC (Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées).

4.3.1.1 Source des informations

Les images

Les images sont collectées avec l'outil IRCAN du LCPC. La prise de vue est réalisée dans les deux sens de circulation. Des contrôles et des traitements de mise en forme sont r ealis es avec les outils IREVE ou PIXIROUTE avant la diffusion des images et de leurs méta-données. Lors de leur intégration dans ISIMAGE, les images font l'objet de traitements complémentaires :

- génération d'images adaptées à la consultation en mode web ;
- contrôles de la localisation vis-à-vis du référentiel routier du Sétra ;
- géocodage sur ce référentiel afin d'obtenir les coordonnées X, Y.

La cartographie

Le filaire représente la couverture du réseau routier en images (cette couverture ne porte pas nécessairement sur l'intégralité du réseau du gestionnaire). Sa couleur dépend de l'ancienneté des prises de vue. Pour les échelles à partir de 1/50 000, les PR sont repr esent es sur la carte. Il s'agit des PR du référentiel utilis e pour le géocodage des images. Le fond de plan est constitu e de données h eburg ees au CETE du Sud-Ouest :

- FranceRaster   pour les échelles inférieures à 1/5 000 ;
- BD Ortho   pour les échelles supérieures à 1/5 000.

Actualisation des données

Les images sont actualisées en fonction des campagnes de relevés d'images de chaque DIR. Cela peut aller de un à quatre ans, en fonction des mouvements qui peuvent intervenir sur le réseau routier. Sur chaque image figure la date de prise de vue. La date d'actualité du référentiel qui a servi au géocodage des images figure en haut à droite de la fenêtre cartographique.

Connexion

L'application (cf. Figure 6) est accessible à l'adresse ci-dessous depuis tout poste connect e au réseau du ministère et  quip e d'un navigateur Firefox : <http://sirmet.setra.i2/isimage>

Les applications métier du domaine routier, ouvrages d'art ou accidents par exemple, pourront facilement offrir à leurs utilisateurs un accès direct à l'image de la route en un point quelconque du réseau couvert, en s'appuyant sur l'application ISIMAGE.

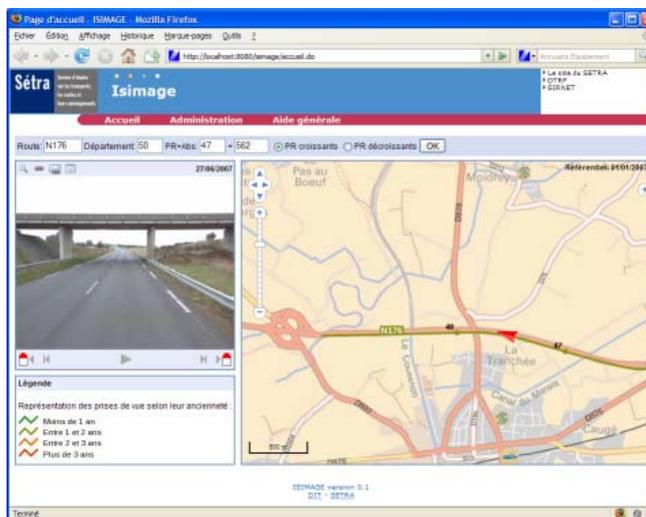


Figure 6 : aperçu de l'application ISIMAGE

4.3.2 Les outils de visualisation : IREVE VISIO

Le logiciel IREVE Visio est une visionneuse, fournie gratuitement avec les images IRCAN (cf. Figure 7). Il permet de visualiser les images d'environnements ainsi que les événements relevés et enregistrés par le fournisseur d'images sur un ordinateur local. Cette visionneuse comporte également :

- des outils de navigation dans la session, par pas de distance prédéfini, avec un positionnement au PR+ abscisse souhaité et un défilement continu paramétrable ;
- des outils de repérage et de mesure à l'image sans possibilité de sauvegarde ;
- des outils de réglage de la qualité de l'affichage en terme de luminosité ou de zoom.

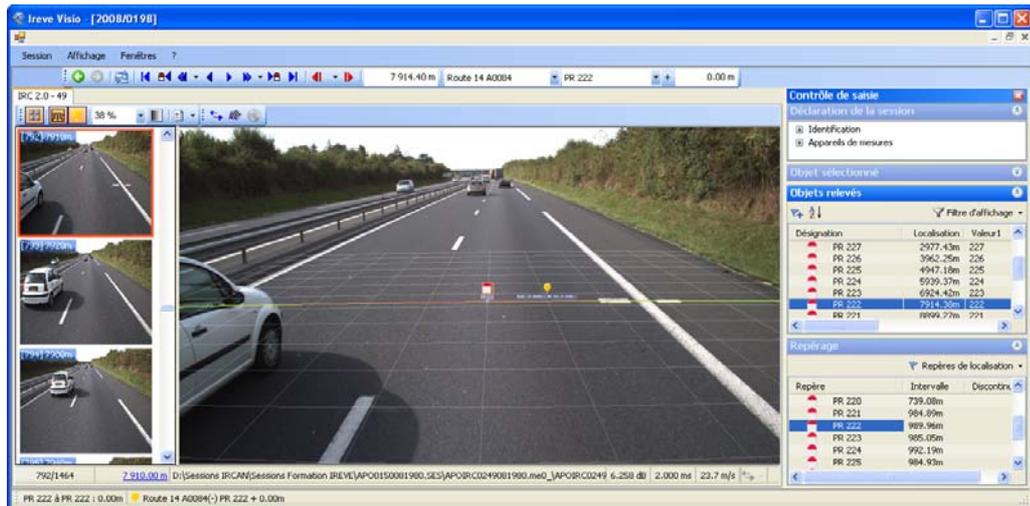


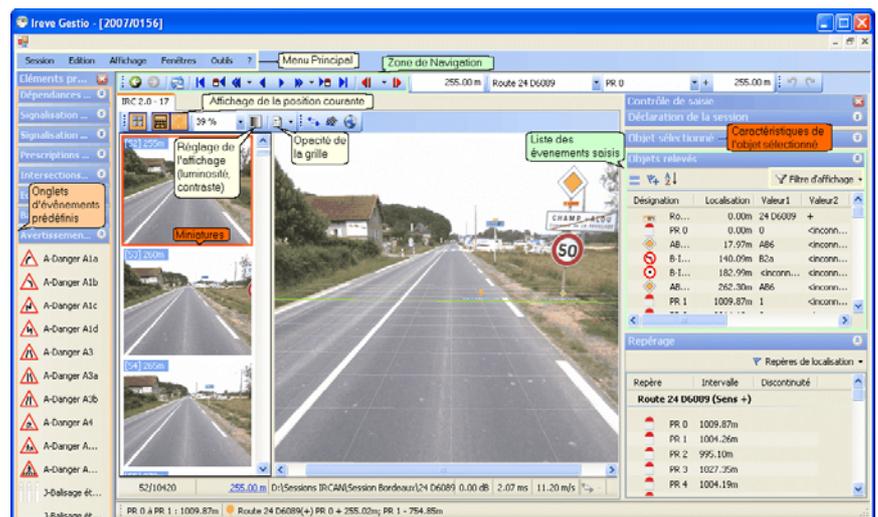
Figure 7 : interface d'IREVE VISIO

4.3.3 Les outils pour le relevé et la mesure d'éléments : IREVE GESTIO

Figures 8 : exemples de l'interface d'IREVE GESTIO

Le logiciel IREVE-GESTIO est un outil d'analyse d'itinéraires routiers qui, à partir d'images numériques calibrées et localisées recueillies par le matériel LPC IRCAN, permet de positionner longitudinalement et latéralement des objets d'intérêt le long d'un itinéraire, ou encore de relever des caractéristiques de la chaussée et de son environnement. Naturellement, il dispose aussi de toutes les fonctionnalités de la visionneuse. Ses caractéristiques principales sont décrites ci-après.

(a) description de l'interface et saisie d'événement ponctuel



- Il comporte des outils de relevé, de repérage et de sauvegarde d' v nements.

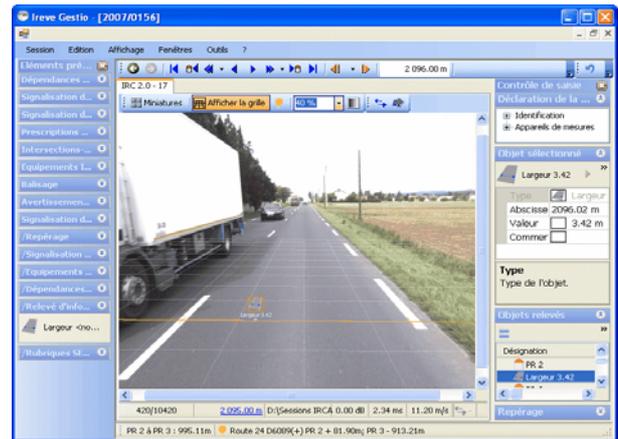
Ces  v nements peuvent être ponctuels comme dans le cas des panneaux de signalisation ou continus pour les fossés ou les glissieres par exemple (cf. Figures 8 (a), (b), (c)). La longueur de l' v nement continu est alors calcul e.

Des mesures dimensionnelles de type mesures de longueur ou de surface peuvent être effectu es dans le plan de la chaussée (largeur de voie ou de chaussée par exemple) et affect es à des  v nements.

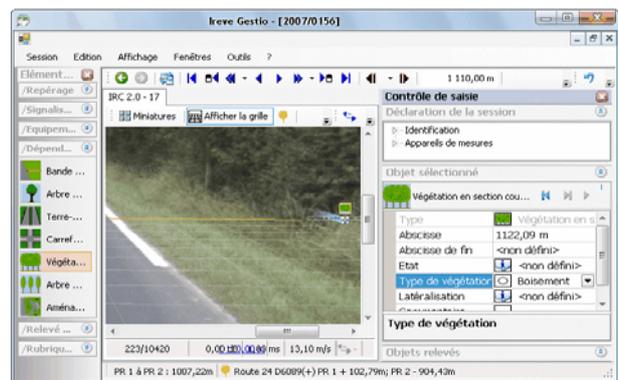
Les discontinuités de la route sont prises en compte. Ainsi l'introduction d'un  v nement continu de type baionnette interromp la comptabilisation de la distance inter-PR.

- Il comporte des outils de contrôle comme par exemple des tests d'ordre pour les PR et de cohérence pour les alternances de début et fin de route.
- IREVE est livré avec un catalogue de rubriques comportant l'ensemble de la signalisation verticale ainsi que les équipements et dépendances.
- Il comporte des outils de gestion de rubriques et de l'environnement de saisie.
- La création de rubriques d' v nements spécifiques est possible par l'intermédiaire du gestionnaire de rubrique et permet l'affectation de champs de type lexique, texte ou mesure (cf. Figure 9(a)).

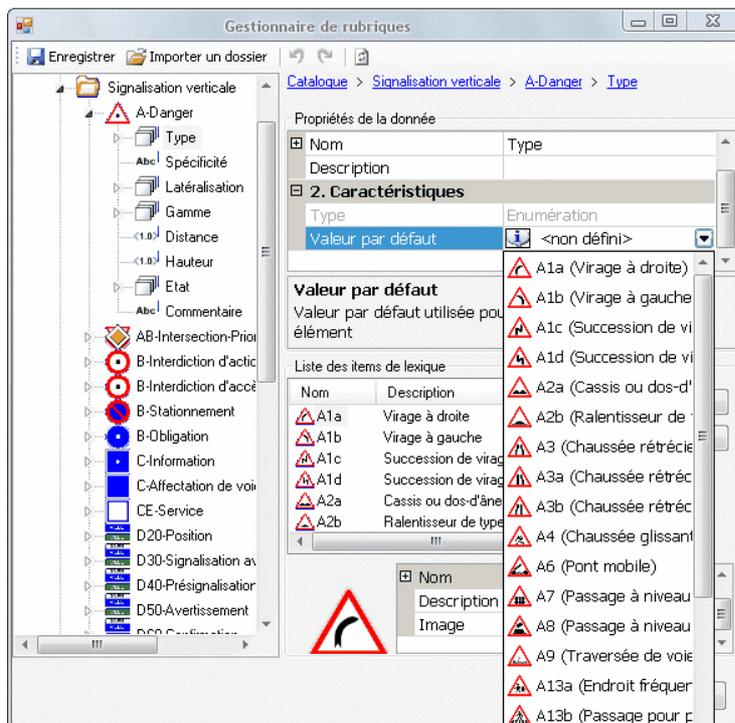
L'espace de saisie est configurable par l'utilisateur par l'intermédiaire de la création d'onglets adaptés au relevé souhaité (cf. Figure 9(b)).



(b) exemple de mesure dimensionnelle



(c) exemple de saisie d'un  v nement continu



(a)



(b)

Figures 9 : (a) Interface du gestionnaire de rubriques ; (b) Onglet crée spécifiquement pour la saisie des limitations de vitesse

Les  v nements saisis ont notamment vocation à alimenter les bases de donn es routières de type VISAGE et son successeur le GPR via le logiciel du RST SEMI. Des exportations au format texte sont également possibles.

Le logiciel IREVE-GESTIO tranche 1 est diffusé par le CECP d'Angers au sein du RST. Il est diffusé par la société VECTRA à l'extérieur du RST. Une formation a été organisée en décembre 2008 au sein du RST et a vu la création d'un club utilisateur.

La tranche 2 d'IREVE est en cours de conception et sera diffusée en 2010. Elle comportera des outils de montage vidéo et de gestion d'itinéraire. Des outils permettant une semi automatisation de la saisie seront également implémentés. Ils sont présentés dans la suite de la note

4.3.4 Les contraintes d'utilisation

Ces outils présentent un certain nombre de pré-requis et de contraintes. Ils nécessitent des pré-requis pour une bonne utilisation (précision des réglages, etc.) et une formation au préalable afin de pouvoir les manipuler de façon correcte.

Le relevé est mobilisateur en ressources humaines : le relevé d'évènements (inventaire...) sur un linéaire important reste en effet fastidieux car les tâches sont nombreuses et peuvent s'avérer répétitives et fatigantes (travail sur écran...) même si les nouveaux outils facilitent la saisie.

5 - Les axes de recherche et les évolutions futures

5.1 - L'acquisition en stéréovision

La volonté d'augmenter les fonctionnalités de mesure d'IREVE et d'étendre ses possibilités de visualisation et d'exploitation a motivé le développement d'une nouvelle génération du MLPC IRCAN.

En effet, le système mono-caméra actuel n'autorise la mesure que dans un plan calibré, réputé correspondre à celui de la chaussée. En conséquence, le positionnement d'un repère de mesure en rive fait appel à l'interprétation de l'opérateur, ce qui peut s'avérer source d'erreur et limite la répétitivité de la mesure. Les défauts de planéité de la route et les variations d'assiette du véhicule au moment de la prise de vue sont également des facteurs négatifs pour la mesure. Au contraire, les techniques de triangulation mises en œuvre par la stéréovision donnent accès à l'information tridimensionnelle, sans hypothèse simplificatrice (cf. Figure 10).

Elles offrent donc de nouvelles possibilités d'exploitation, telles que la mesure de hauteur, de gamme de panneaux ou de gabarit de troncs d'arbres. Les mesures en rive sont facilitées et les mesures sur chaussées plus précises, grâce à l'utilisation du relief. La contrepartie de ces améliorations est la nécessité d'acquérir simultanément deux vues de la scène routière, à partir d'un véhicule en circulation. Ceci ne présente cependant pas de réelle difficulté technologique et ouvre même de nouvelles pistes d'application de l'imagerie routière. L'exploitation de plusieurs vues synchronisées, prises sous des angles différents, permet par exemple la visualisation panoramique ou bien la visualisation simultanée des bas-côtés et de la scène vue par le conducteur (Figure 11).

Les techniques de stéréovision sont étudiées au sein du réseau technique depuis plusieurs années et ont conduit à des applications opérationnelles ou expérimentales [1] : détermination du profil de la chaussée, détection d'obstacle pour l'aide à la conduite (LIVIC) ou estimation des distances de visibilité (LCPC).

L'Equipe de Recherche Associée (ERA) 27 « Imagerie-méthodes optiques » du LRPC de Strasbourg a, pour sa part, mis au point un véhicule expérimental d'acquisition d'images pour la stéréovision (Figure 12), en collaboration avec le LCPC, le LIVIC et le CECP. Sur cette base, une version « stéréovision » du MLPC est actuellement en développement au CECP d'Angers. Elle permettra l'acquisition d'au moins deux vues simultanées, à la même cadence que la version mono-caméra actuelle et ce, pour un surcoût minimal. Cette nouvelle version devrait être disponible courant 2009.

Nota : L'ERA 27 a également développé un logiciel démonstrateur d'exploitation des séquences d'images stéréoscopiques (Figure 13). Celui-ci permet la navigation dans les séquences d'images, la mesure tri-dimensionnelle et le calcul de cartes de profondeur. Ces fonctionnalités seront implantées dans la plate-forme logicielle d'exploitation des images routières IREVE, parallèlement au développement d'IRCAN « stéréovision ».

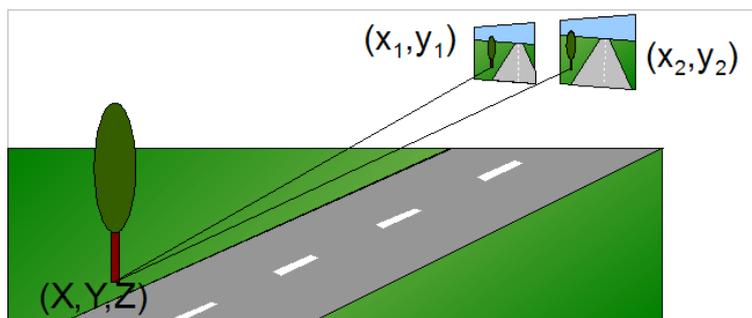


Figure 10 : principe de la stéréovision ; la position relative des caméras étant connue, la position (X, Y, Z) d'un point dans l'espace est calculée par triangulation, à partir des coordonnées de son image dans chacune des deux vues : (x_1, y_1) et (x_2, y_2)



Figure 11 : imagerie panoramique à deux caméras



Figure 12 : véhicule expérimental d'acquisition en stéréovision de l'ERA 27

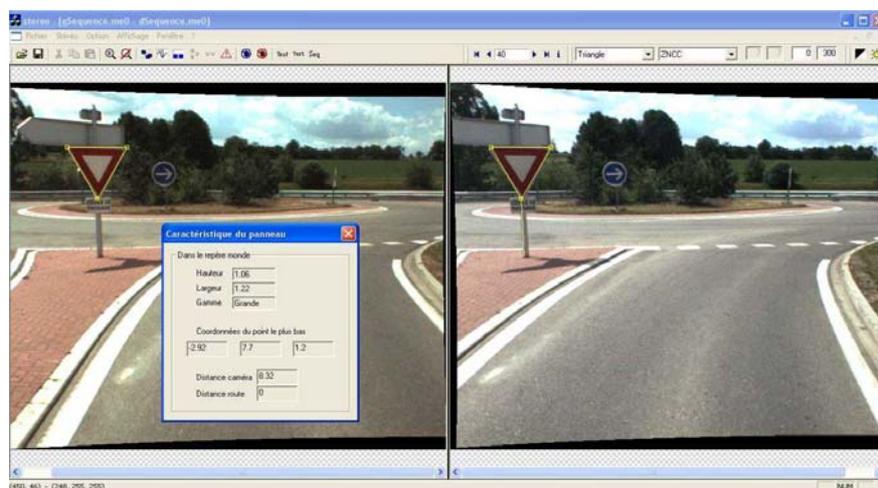


Figure 13 : logiciel démonstrateur d'exploitation des images stéréoscopiques de l'ERA 27 (exemple de la mesure dimensionnelle d'un panneau de signalisation)

5.2 - La détection automatique d'événements sur image

L'un des objectifs des recherches en analyse de scènes routières, menées en collaboration par plusieurs équipes du Réseau des LRPC, est de mettre au point des outils de traitement facilitant l'exploitation des banques de données d'images routières. Il peut, par exemple, s'agir de sélectionner automatiquement un ensemble d'images susceptibles de contenir des objets d'intérêt, parmi toutes les images d'une séquence. On peut encore souhaiter détecter des objets d'intérêt dans les scènes et en proposer une identification et un positionnement. Les outils proposés peuvent être des outils d'analyse hors ligne, agissant de manière autonome sur un ensemble d'images ou bien, au contraire, des aides interactives aux opérateurs de saisie. Si la contrainte de temps réel ne s'impose pas dans toutes les situations, il est important que le temps de traitement demeure raisonnable. Enfin, aucun traitement d'image n'étant infaillible, le contrôle ultime du résultat doit rester à l'opérateur et on parlera donc d'outils supervisés ou semi-automatiques.

Les difficultés rencontrées en analyse de scènes routières sont multiples. De nombreuses perturbations sont dues à l'aspect non-contrôlé de l'éclairage qui entraîne, malgré le soin apporté aux prises de vues, des variations de luminosité ou de couleur apparente, des réflexions ou encore des ombres portées. D'autre part, les situations dans lesquelles sont observés les objets sont très variables et entraînent des distorsions géométriques ou des occultations partielles. L'aspect des objets d'intérêt dépend également de leur degré d'usure ou de salissure. Enfin, les objets naturels sont, par essence, infiniment variables. En résumé, les algorithmes développés doivent être robustes aux perturbations des observations et capables de gérer au mieux la variabilité des objets étudiés.

La mise au point d'algorithmes de détection et de reconnaissance des formes nécessite une phase d'évaluation systématique, objective, de leurs performances. Cette étape fait généralement appel à une vérité-terrain, établie par une analyse manuelle des images utilisées pour les tests. Cela représente un travail long et fastidieux mais qui s'avère absolument nécessaire, par exemple, pour choisir parmi plusieurs modèles ou entre des solutions algorithmiques, régler des paramètres ou, tout simplement, pour qualifier les algorithmes de manière globale, par rapport à l'application.

Les recherches en analyse de scènes routières menées au LIVIC, au LCPC et à l'ERA 27 du LRPC de Strasbourg ont permis la mise au point d'algorithmes de détection et de reconnaissance des formes qui ont vocation à rejoindre la boîte à outils logicielle IREVE. Un tour d'horizon des développements réalisés est présenté par la suite.

5.2.1 Détection de la chaussée revêtue

Connaître la partie d'une image de scène routière qui correspond à la chaussée revêtue peut avoir un grand nombre d'applications. On peut naturellement penser à l'aide à la conduite – localisation de véhicule, détection d'obstacle, mais cela concerne également la connaissance du patrimoine routier – mesure de largeur de chaussée, estimation de la distance de visibilité de la route – ou encore l'automatisation du relevé sur images – localisation latérale d'objets d'intérêt.

Une première méthode, fondée sur la notion de saturation chromatique – les chaussées sont généralement moins colorées que les bas-côtés – a été proposée dans une publication [5]. Bien adaptée à une utilisation locale dans les images, elle a permis la mise au point d'un logiciel démonstrateur de mesure de largeur de chaussée [6]. Plus récemment, une nouvelle méthode, plus globale, a été développée par le LCPC [8]. L'originalité de la méthode est qu'elle analyse les séquences d'images à rebours. De cette façon, il est plus facile et plus stable de tenir à jour les modèles statistiques de couleur nécessaires au classement des pixels dans la classe « chaussée » ou dans la classe « autre », selon une méthode bayésienne. Une application à la détermination des distances de visibilité est en cours d'expérimentation.

5.2.2 Détection et suivi des marquages routiers

Les principales applications de la détection du marquage routier concernent les aides à la conduite : alerte de l'utilisateur en cas d'écart latéral, positionnement latéral précis de véhicules ou encore automatisation du guidage. Elles ne se limitent cependant pas à cela et la connaissance fine du type de marquage présent sur les routes et de son état est un enjeu important pour le gestionnaire. Les travaux sur la détection de marquages menés en collaboration entre le LIVIC, le LCPC et ses ERA font en général appel à deux phases : détection des éléments de marquage par analyse d'image « bas niveau » et modélisation des lignes de marquage par ajustement de courbes paramétriques sur les éléments de marquage détectés.

Plusieurs algorithmes de détection d'éléments de marquage ont ainsi fait l'objet d'une évaluation systématique, sur une base de test formée de plus de cent images jugées représentatives [4]. Cette base, dénommée ROMA, ainsi que les vérités-terrain associées, issues d'une analyse manuelle, ont été mises à disposition de la communauté scientifique via le site du LCPC [9].

L'étape de détection de marquage proprement dite utilise des techniques de régression robuste pour ajuster des courbes analytiques sur les éléments de marquages issus de la première étape [3] (cf. Figure 14).

Ces techniques ont été mises en œuvre pour guider automatiquement des véhicules [10]. Elles sont également utilisées en routine par IRCAN/IREVE, où elles permettent d'automatiser le calibrage du système de prise de vues. Enfin, un logiciel démonstrateur d'analyse des marquages fournissant la largeur du marquage, sa modulation, les largeurs et courbures de voies, est en cours de réalisation.

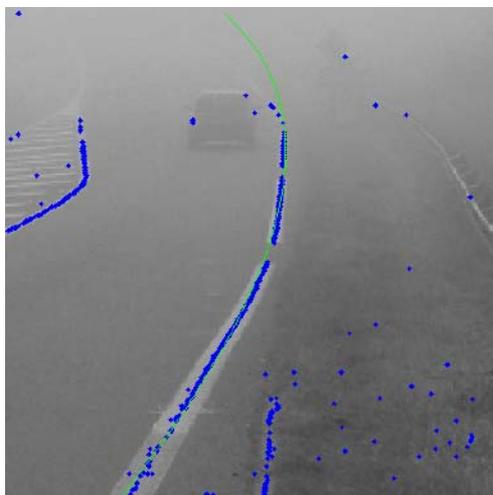


Figure 14 : détection du marquage routiers (image LCPC) ; les résultats de la détection d'éléments de marquage sont dessinés en bleu ; la courbe ajustée de manière robuste apparaît en vert.

Ces techniques ont été mises en œuvre pour guider automatiquement des véhicules [10]. Elles sont également utilisées en routine par IRCAN/IREVE, où elles permettent d'automatiser le calibrage du système de prise de vues. Enfin, un logiciel démonstrateur d'analyse des marquages fournissant la largeur du marquage, sa modulation, les largeurs et courbures de voies, est en cours de réalisation. A moyen terme, les fonctionnalités développées rejoindront la boîte à outils logiciels IREVE.

5.2.3 Détection de panneaux

La détection et la reconnaissance automatique de la signalisation verticale a de multiples applications, parmi lesquels, l'indication en temps réel de la présence de panneau pour aider à la conduite, le développement de véhicule automatisés (en lien avec la robotique) et l'inventaire et la maintenance du réseau routier en permettant par exemple de sélectionner parmi toutes les images d'une séquence celles contenant effectivement un panneau. Ce type d'application est un des objectifs des recherches menées au sein du laboratoire. Ces travaux se sont pour le moment focalisés sur les panneaux de danger et les panneaux d'interdiction mais des recherches complémentaires sont menées afin d'étendre le processus aux autres panneaux. Dans une première étape de détection, deux approches ont principalement été testées. Dans [11], la méthode combine une extraction des pixels à dominante rouge suivi d'une sélection des composantes connexes par des outils de type algorithme génétique. L'autre démarche [12] consiste à rechercher des objets dans l'image répondant aux caractéristiques spécifiques de couleur, de forme et de symétrie des panneaux. L'intérêt de ce travail porte également sur la taille de la base de données (26 285 images de scènes routières et les vérités-terrains associées) utilisée pour évaluer de façon systématique les performances de l'algorithme.

Les résultats de ces travaux montrent que l'outil de pré-détection sélectionne, en moyenne par séquence, 10% des images dans lesquelles l'algorithme considère qu'il y a un panneau. En comparant avec la vérité-terrain, on peut noter que, au minimum, 87,5 % des panneaux sont bien détectés. Outre les cas qui ne posent pas de problème (cf Figure 15a), l'algorithme permet de détecter les panneaux usagés, sales ou occultés (Figure 15 b,c,d). Les panneaux manqués correspondent soit à des panneaux temporaires, des panneaux sévèrement endommagés, sales ou usagés (Figure 15e) ou des panneaux avec flashes que l'algorithme ne gère pas (Figure 15f) . Parmi toutes les images sélectionnées, un certain nombre d'entre elles correspondent cependant à des fausses alarmes.

Lorsque des objets, susceptibles d'être des panneaux, ont été détectés, une seconde étape permet d'identifier la signalisation. Dans ce cadre, les recherches se sont orientées vers des outils de reconnaissance robuste basés sur les modèles d'apparence [7].



(a) cas simple (b) panneau usagé (c) panneau sale (d) panneau occulté (e) panneau extrêmement usagé (f) panneau de danger avec flashes n

Figures 15 : détection de la signalisation verticale ; panneaux détectés (a,b,c,d), non détectés (e,f)

6 - Conclusion

L'imagerie routière peut donc s'avérer fort utile pour l'aide à la gestion du patrimoine routier et à la sécurité routière. Il est cependant nécessaire de définir au préalable un cadre d'utilisation précis et de prendre en compte le caractère mobilisateur et technique de l'acquisition et de l'exploitation des images.

Les travaux menés au sein du RST ont abouti à la réalisation de produits opérationnels pour l'acquisition (IRCAN) et l'exploitation des images routières (IREVE). L'acquisition d'images stéréovision sera bientôt opérationnelle dans les nouvelles générations d'appareils MLPC IRCAN, ce qui donnera la possibilité d'accéder à la 3ème dimension. Par ailleurs, des outils de relevé automatique, basés sur les travaux actuels de recherche en analyse d'images de scènes routières au sein du RST, seront petit à petit intégrés dans les versions futures d'IREVE.

7 - Glossaire

CECP	Centre d'Études et de Conception de Prototypes
DIT	Direction des Infrastructures de Transport
GPR	Gestionnaire de Patrimoine Routier
IREVE	Imagerie Routière, Étalonnages, Visualisations et Exploitations
IRCAN	(Imagerie Routière par Caméra Numérique) a été développé sous le pilotage du LCPC et réalisé par le CECP d'Angers. Il est actuellement distribué par la société Vectra
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LIVIC	Laboratoire sur les Interactions Véhicules – Infrastructure – Conducteurs
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer
RST	Réseau Scientifique et Technique du Ministère
SEMI	Système d'Exploitation Multi-mesure par Itinéraire

8 - Bibliographie

- [1] P. Charbonnier, V. Muzet, P. Nicolle, N. Hautière, J.-P. Tarel, et D. Aubert. « La stéréovision appliquée à l'analyse de scènes routières. » Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 272 (2008), pp57-73.
- [2] R. Horaud, O. Monga, Vision par ordinateur – Outils fondamentaux – 2ème édition revue et augmentée, Traité des Nouvelles Technologies, Série informatique, ISBN : 2-86601-481-2, Hermes, Paris, 1995, 425 pages.
- [3] J.P. Tarel, S.S. Ieng, et P. Charbonnier. Robust Lane Marking Detection by the Half Quadratic Approach. Numéro CR 49 dans Collections Études et Recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées. LCPC, Paris, novembre 2007.
- [4] T.Veit, J.P. Tarel, P. Nicolle, et P. Charbonnier. Evaluation of road marking feature extraction. Dans 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation System, pages 174-181, Pékin, Chine, octobre 2008.
- [5] P. Charbonnier, P. Nicolle, Y. Guillard, et J. Charrier. Road boundaries detection using color saturation. Dans Proc. European Conference (EUSIPCO), pages 2553-2556, Ile de Rhodes, Grèce, 8-11 septembre 1998.
- [6] P. Charbonnier et P. Nicolle. Mesure semi-automatique de largeur de chaussée : Etat d'avancement et perspectives au premier semestre 2001. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, (236) :89-98, 2002. Note Technique.
- [7] R. Dahyot, Analyse d'images séquentielles de scènes routières par modèles d'apparence pour la gestion du réseau routier, Numéro CR 31 dans Collections Études et Recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées. LCPC, Paris, janvier 2003.
- [8] E. Bigorgne et J.-P. Tarel, "Backward Segmentation and Region Fitting for Geometrical Visibility Range Estimation", Asian Conference on Computer Vision (ACCV'07), pages 817-826, Tokyo, Japon, novembre 2007.
- [9] J.P. Tarel, P. Nicolle, T. Veit, P. Charbonnier, ROMA (ROad Markings) : Base d'images pour l'évaluation d'algorithmes d'extraction des marquages routier, disponible en ligne sur : <http://www.lcpc.fr/fr/produits/ride/roma.php>, octobre 2008.
- [10] S.-S. Ieng, Méthodes robustes pour la détection et le suivi des marquages, thèse de doctorat Université de Pierre et Marie Curie, Paris, 2004.
- [11] G. Dutilleul et P. Charbonnier. Métaheuristiques biologiques pour la détection de la signalisation routière. Dans P. Siarry, éditeur, Optimisation en traitement du signal et de l'image, Traité IC2, série traitement du signal et de l'image, chapitre 10, pages 271-294. Hermes, février 2007.
- [12] P. Foucher, P. Charbonnier et H.Kebbous. Evaluation of a road sign pre-detection system by image analysis. Dans International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP'09), 2009.

Rédacteurs :

Pierre CHARBONNIER, CETE de l'Est

Nathalie DEGRYSE, Sétra

Alix DREZET, Sétra (responsable du groupe de travail)

Thibaut FAULCON, Sétra

Philippe FOUCHER, CETE de l'Est

Patrice GOUVERNEUR, Sétra

Jean-Philippe LANG, Sétra

Annabelle MAILHAUT, Sétra

Valérie MUZET, CETE de l'Est

Renseignements techniques :

Alix DREZET, Sétra

téléphone : 33 (0) 1 46 11 34 27 – télécopie : 33 (0) 1 45 36 85 27

mél : GTI.CSTR.SETRA@developpement-durable.gouv.fr

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France

téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.

En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.

Référence : 0956w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDDM

