

**XXIIe CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE
DURBAN 2003**

RAPPORT NATIONAL DE L'ALLEMAGNE

**SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS1
*Des niveaux de service et des innovations
pour répondre aux attentes des usagers***

Dr. Siegfried Knepper
Bundesanstalt für Straßenwesen
(Institut Fédéral de Recherches Routières)
Brüderstrasse 53
D-51427 Bergisch Gladbach
Germany
Tel: +49-2204-43-711
Fax: +49-2204-43-673
E-mail: knepper@bast.de

Co-Auteurs: Siegfried Hahn, Ministère fédéral des transports, de la construction et du logement, Bonn
Eckhard Kempkens, Institut Fédéral de Recherches Routières, Bergisch Gladbach
Günther Maeschalk, SEP Maeschalk, Munich
Gregor Schröder, Ministère fédéral des transports, de la construction et du logement,
Bonn
Andreas Ueckermann, Institut pour l'équipement routier, Rheinisch-Westfälische
Technische Hochschule, Aix la Chapelle

1. Introduction

2. Saisie et évaluation d'état

3. Amélioration de l'évaluation de la planéité longitudinale

4. Visualisation des données

5. Première application d'un Pavement Management System (système de gestion de la chaussée)

6. Un nouvel ensemble de règles du ministre de la République fédérale pour le transport, la construction et les affaires de logement

7. Contrats de construction "fonctionnels"

Résumé

De petites défauts sur le réseau routier ou des installations conduisent obligatoirement à de fortes perturbation de la circulation, causant des frais considérables pour l'utilisateur et pour l'économie nationale.

C'est pourquoi il est très important d'établir une gestion de maintenance qui assure une période d'intervention optimale pour l'entretien, en tenant compte des moyens, des techniques de construction et des conditions de circulation.

Pour mettre les décisions jadis obsolètes sur des bases plus concrètes, on a commencé en 1992 avec la saisie et l'évaluation d'état sur les grands axes régionaux en Allemagne (ZEB : état, saisie et évaluation). Les mesures couvrent l'état de surface longitudinale, transversale, l'adhérence et les dommages de l'état de surface. L'état du réseau est contrôlé et mesuré tous les quatre ans. Un niveau d'exigence est défini par une évaluation normalisée des caractéristiques d'état et en définissant des valeurs de seuil et d'avertissement. Il est impossible d'utiliser de façon adéquate les quantités de données recueillies, s'ils sont seulement stockés dans un ordinateur ou disponibles sur un listing. Un logiciel a donc été développé, capable de visualiser les données en forme de tronçon routier sur un plan ou des cartes. Ses possibilités de visualisation ont suscité un grand intérêt dans les administrations de construction routière.

Sur la base du ZEB est développé un Pavement Management System (PMS) (système de gestion de la chaussée) uniforme au niveau national. Celui-ci est appliqué couramment par tous les états fédéraux de façon à atteindre une optimisation de l'entretien routier par une évaluation uniforme et économique des mesures d'entretien. Le PMS développé a été testé lors d'une première application dans les 13 états fédéraux. Les utilisateurs considèrent le PMS comme une aide essentielle pour la planification systématique des mesures d'entretien. Les résultats du PMS concernant soit tout le réseau ou des sections du réseau sont classifiés comme plausibles et proches de la pratique.

L'évolution du PMS depuis son premier essai en pratique s'est même transformée en une application routinière sans temps mort.

L'utilisateur a maintenant à sa disposition un outil d'aide à la gestion et à la planification des mesures d'entretien par :

- une énumération des diverses méthodes d'entretien et de renouvellement qui sont à disposition au niveau des projets,
- le rassemblement des mesures de substitution optimales pour le programme d'entretien d'un réseau routier concerné,
- une transposition rapide des objectifs stratégiques sous forme de scénarios financiers ou de qualité pour des réseaux entiers ou partiels.

La procédure actuelle de l'évaluation de l'état de surface longitudinale touche à ses limites; par. ex. les défauts en forme de marches d'escalier ; le plus souvent périodiques, on les trouve principalement sur les chaussées en béton des vieilles autoroutes fédérales qui nécessitent un assainissement. Ils ne sont pas suffisamment pris en considération avec la procédure d'évaluation actuelle. À côté de la géométrie il faudrait aussi tenir compte des conséquences des défauts longitudinaux dans le concept d'évaluation et d'exploitation. L'indice de planéité longitudinale LWI récemment développé est basé sur l'évaluation des ondulations verticales exercées sur le corps humain, de l'effort exercé sur les poids lourds et les ondulations des essieux qui en retour sollicitent et fatiguent la route. Un large test est actuellement en cours pour préparer l'intégration du LWI dans le concept d'évaluation ZEB.

Le ministre fédéral des transports, du logement et de la construction a mis en place en 2001 une nouvelle règle qui se s'oriente vers le renforcement de l'entretien systématique des routes soutenue par l'utilisation d'un PMS. Ils permettent aussi de comparer l'ensemble des résultats de l'application du PMS et des programmes d'entretien des 16 états fédéraux allemands.

Pour pouvoir satisfaire aussi à l'avenir les exigences des utilisateurs des axes routiers, on teste la possibilité d'une nouvelle forme de contrats de construction - les contrats de construction de fonction. La désignation "contrat de construction de fonction" signifie que la fonction de la construction routière, c'est à dire l'utilisation en toute sécurité et la durabilité de la route, sont au centre du contrat de construction entre le responsable des charges de construction et le responsable de la mise en œuvre. Le contrat de construction de fonction résume dans un contrat la mesure de reconstruction ou de rénovation complète d'une route ainsi que sa conservation structurelle sur une période de 20 ans.

1.Introduction

Le réseau fédéral des routes de grande communication en Allemagne comprend environ 11.700 km d'autoroutes et 41.300 km de routes nationales. Ces grands axes représentent des immobilisations totales d'environ 170 milliards €. Les autoroutes ont une charge de circulation quotidienne moyenne de 46.800 véhicules/24 h. Des charges de plus de 100.000 véhicules/24 h ne sont pas rares dans bien de secteurs. De nouvelles augmentations du trafic sont à prévoir. Des pronostics prévoient pour la période de 1992 à 2010 pour l'Allemagne une augmentation de 68% pour le transport des marchandises et de 20% pour les voyageurs.

Face à cette situation on comprend l'importance pour l'économie et la société de garantir le fonctionnement continu du réseau routier existant. Déjà de petits dérangements du réseau par des restrictions de circulation ou par la défaillance d'un de ses différents composants conduisent obligatoirement à de fortes entraves de circulation causant des frais considérables pour l'utilisateur et pour l'économie nationale. A l'opposé se trouvent les moyens budgétaires limités pour l'entretien du réseau routier. C'est pourquoi il est très important d'établir une gestion de conservation en fonction des moyens disponibles, des techniques de construction et des conditions de circulation. Ainsi la date d'intervention sera optimale pour les mesures d'entretien et assurera aussi à l'avenir une qualité d'offre suffisante aux usagers.

Les autoroutes et les routes nationales se trouvent dans la propriété du ministre fédéral du transport. Toutefois est-il réglé légalement que la planification, la construction et la conservation de ce réseau fédéral des routes de grande communication incombe aux états fédéraux. Les états déclarent les besoins financiers à l'aide de documents de planification à la fédération. Dans le passé, la mise en place de mesures de conservation était motivée par des descriptions de l'état de la route plus ou moins subjectives. La distribution de ressources financières dépendait parfois aussi des talents d'orateur de certains. Pour mettre ces décisions subjectives sur des bases plus objectives on commençait en 1992 la saisie et l'évaluation d'état des grands axes fédéraux en Allemagne (ZEB). Sur la base du ZEB doit être développé un Pavement Management System (PMS) (système de gestion des chaussées) et qui doit être uniforme au niveau national. Un PMS appliqué par les états fédéraux de façon routinière aux grands axes de communication doit mener à une optimisation de l'entretien routier par une évaluation homogène et économique des mesures de conservation.

2. Saisie et évaluation d'état

L'état du réseau fédéral des axes de grande communication est enregistré tous les quatre ans. Les mesures sont effectuées chaque année; deux ans sur des autoroutes et ensuite deux ans sur des routes nationales. Les mesures couvrent la planéité longitudinale, la planéité transversale, l'adhérence et les dommages de la surface comme des déchirures, endroits réparés, dommages des bords et des angles. Le tableau 1. montre les valeurs et grandeurs d'état importants. Les saisies d'état ne sont possibles qu'avec des systèmes de mesure automatiques, immergés dans le flux de circulation (vitesse de mesure >60 km/h). Des saisies d'état visuelles exposeraient l'équipe de mesure et les utilisateurs de route à un risque de sécurité accrue et causeraient des embouteillages.

Les systèmes de mesure suivants sont utilisés pour la saisie d'état:

- Planéité longitudinale : Principe de mesure HRM (High-speed Road Monitor - moniteur de route à haute vitesse)
- Planéité transversale : Sondes de mesure laser montées sur poutre rigide perpendiculaire à la route.
- Adhérence: SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine – Appareil de recherche avec la routine du coefficient de force oblique)
- Dommages de surface: Enregistrement vidéo sous lumière stroboscopique.

En Allemagne on enregistre pour l'évaluation de la planéité longitudinale le profil longitudinal avec une technique de mesure laser selon le principe HRM. Le HRM sert de norme pour l'étalonnage. Les sondes à laser sont attachées à une poutre rigide. La mesure des distances de la surface routière s'effectue tous les 100 mm dans le sens du voyage. On accepte pour la mesure de la planéité longitudinale des systèmes de mesure qui saisissent approximativement le profil longitudinal réel, sur lequel se base le calcul des paramètres pour l'évaluation d'état. La valeur de planéité $\Phi_h (\Omega_o)$ est utilisée comme la valeur d'état essentielle pour l'évaluation. La valeur d'état $\Phi_h (\Omega_o)$ est déduite de la densité spectrale et représente la grandeur des inégalités dans un spectre lissé avec 6 m de longueur d'onde.

Le profil transversal est également enregistré avec des sondes de mesure laser. Ils sont montés sur une poutre à l'avant du véhicule de mesure avec un espacement de 100 mm. En plus de la profondeur des rainures, la profondeur fictive de l'eau est également une valeur importante pour la Planéité transversale.

Pour le calcul de cette valeur on détermine une épaisseur du film d'eau théorique dans les ornières à travers le profil transversal et de l'inclinaison longitudinale sans considération du tangage.

Le procédé SCRIM développé en Grande-Bretagne pour définir l'adhérence de la surface de la chaussée, consiste à mesurer la force de rappel entre une roue de mesure penchée de 20 ° et le sens de la circulation. Actuellement 12 appareils de mesure SCRIM sont employés en Allemagne pour la saisie régulière de l'adhérence.

Les dégâts de surface importants pour l'évaluation - des déchirures et lieux de réparation avec la méthode de construction en bitume, dommages des bords et cassures de coins avec la méthode de construction en béton - sont saisies au moyen de deux ou trois caméras vidéo qui subdivisent la voie à mesurer en deux ou trois rubans parallèles. Les films sont analysés avec l'appui d'un enregistrement d'état visuel. La valeur d'état pour les dommages sur une surface en bitume représente le pourcentage de surface endommagée. Pour des surfaces en béton, ils existent deux valeurs d'état. L'un décrit la gravité moyenne des dommages dans une section, l'autre la quantité des plaques concernées.

Les mesures, environ 22.000 à 28.000 km/année, sont mises en oeuvre par les opérateurs privées. La qualité des résultats des mesures est surveillée par l'institut fédéral pour le transport au moyen d'exams de contrôle et de qualification. Les opérateurs combinent les mesures de planéité transversale et longitudinale ainsi que des dommages de surface dans un véhicule de mesure, de sorte qu'un passage seulement est nécessaire pour la saisie de ces trois caractéristiques.

L'attribution correcte des données d'état à la section de mesure nécessite un système d'ordre. Celui-ci doit pouvoir réagir de manière flexible aux modifications de tracé possibles (par. ex. la construction des déviations locales) ou des réaffectations dans d'autres classes routières. On utilise en Allemagne un système de nœuds de réseau consécutifs qui sert de base pour la base de données routière. La route entière est subdivisée en différentes sections séparées chaque fois par deux nœuds de réseau. Sur place à côté de la route, on peut s'orienter à l'aide des supports d'information (signes de position et autres).

Les mesures brutes sont renvoyées aux sections de 100 m respectives et résumées en ce que l'on appelle des grandeurs d'état. Les unités des différents paramètres d'état varient (mm, %, etc., voir aussi fig. 1). Pour les évaluations suivantes, les grandeurs d'état sont transformées en valeurs d'état sans dimension et de ce fait comparables. Cela se passe dans un système de coordonnées x-y. Ici les grandeurs d'état sur l'abscisse sont transformées à l'aide de fonctions de normalisation dans des valeurs d'état sur l'ordonnée (s. [1]). Les valeurs d'état peuvent varier comme des valeurs de note entre 1 (très bien) et 5 (très mauvais).

Des valeurs d'objectif, valeurs d'avertissement et valeurs de seuil sont définies pour chaque grandeur d'état. La valeur d'objectif (1,5) correspond normalement à la valeur d'acceptation d'une route nouvelle

ou renouvelée. La désignation valeur d'objectif n'est pas correcte pour certaines caractéristiques d'état, par. ex. des déchirures. Aussi ne parle-t-on fréquemment que de la valeur 1,5. La valeur d'avertissement (3,5) décrit la situation où la planification d'entretien devrait commencer. La valeur de seuil (4,5) caractérise la situation dans laquelle des mesures d'entretien ou des restrictions de circulation devraient être initialisées.

Caractéristique/indicateur	Dimension	valeurs d'objectif/valeur 1,5	valeurs d'avertissement	valeurs de seuil
Inégalité longitudinale σ_h ω_0	[cm ³]	1,00	3,00	9,00
Profondeur des ornières	[mm]	4,00	10,00	20,00
profondeur fictive de l'eau	[mm]	0,10	4,00	6,00
Adhérence (SCRIM) 80 km/h	[-]	0,53	0,39	0,32
60 km/h	[-]	0,60	0,46	0,39
<i>bitume:</i>				
Déchirures réticulaires	[%]	1,00	5,00	10,00
Lieux de réparation	[%]	1,00	10,00	15,00
<i>Béton:</i>				
déchirures longitudinales et transversales	[m] / [%]	0,10 / 1,00	2,00 / 23,00	4,00 / 35,00
Cassures d'angles	[--] / [%]	0,01 / 1,00	2,00 / 23,00	3,00 / 35,00
Dommages des bords	[m] / [%]	0,10 / 1,00	4,00 / 23,00	8,00 / 35,00

Figure 1: Valeurs limites des paramètres d'état pour les grands axes de communication

Les valeurs d'état sont ensuite pondérées et transférées en deux valeurs sommaires, la valeur d'usage et la valeur de substance ([1 v.]). La valeur utile est formée en introduisant les valeurs d'état pondérées dans une fonction logarithmique.

Pour le calcul de la valeur d'usage les pourcentages suivants sont mis en équation :

- le maximum de la valeur d'inégalité longitudinale ou de la profondeur des ornières à concurrence de 25 %
- la profondeur fictive de l'eau à concurrence de 25 % .
- l'adhérence à concurrence de 50 %.

La valeur d'usage se réfère à la sécurité routière et le confort de conduite. Elle est donc orientée vers l'utilisateur.

La valeur de substance est formée de manière semblable, mais les méthodes de construction en béton et en bitume sont évaluées différemment. La valeur de substance donne priorité aux intérêts du responsable des charges de construction. La plus mauvaise de ces deux valeurs - valeur d'usage, valeur de substance - est considérée comme valeur totale pour la section de 100 m observée.

Cette évaluation normalisée des paramètres d'état et de la fixation des valeurs de seuil et d'avertissement pour la valeur d'usage et de substance définit une sorte de niveau d'exigence pour les grands axes de communication allemands. Ce niveau d'exigence représente l'échelle pour la planification de l'entretien de la route. La procédure homogène au niveau fédéral crée la condition pour des critères et les moments d'intervention uniformes.

La première campagne de mesure de la saisie d'état a eu lieu entre 1992 et 1995. Les voies de droite toutes les autoroutes ont été saisies et dans les cinq nouveaux états aussi les voies de dépassement. Sur des routes nationales à deux voies opposées, on n'a mesuré que dans une direction. La deuxième campagne de mesure durait de 1997 à 2000. Cette fois-ci on mesurait toutes les voies sur les autoroutes et des routes nationales avec plus de 3 voies. La troisième campagne de mesure a pris fin pour les autoroutes fin 2002, pour des routes nationales elle sera achevée fin 2004. Il est prévu de répéter la saisie d'état toutes les 4 ans. L'objectif est de poser les évaluations subjectives de l'état des routes et des décisions pour les mesures à prendre sur des bases plus objectives et de mettre ainsi à disposition de la fédération et des états fédéraux de meilleurs éléments d'orientation.

Les résultats ZEB décrivent l'état de la surface de chaussée sous forme d'une "photo instantanée". Des mesures régulières permettent des conclusions sur le développement de l'état des routes dans leur ensemble. De plus, l'application des valeurs d'état et du développement d'état dépendant de la circulation, accroît considérablement la précision lors de l'estimation des besoins financiers par rapport à des méthodes de pronostic précédentes.

3. Amélioration de l'évaluation de la planéité longitudinale

Dans le ZEB, la planéité longitudinale de la surface de chaussée est saisie sous forme de profils longitudinaux continus. Depuis certain temps le procédé actuel est critiqué et en particulier l'exploitation et évaluation de la planéité longitudinale. La raison principale pour cela est le point faible de la procédure qui est apparu lors de la pratique de la planification d'entretien : Selon leur forme (irrégulière, en marches d'escalier, périodique), l'amplitude des inégalités n'est pas toujours caractérisée correctement. Cela désavantage principalement la reconnaissance des degrés de dommage les plus élevés et particulièrement importants pour l'entretien. En forme de marches d'escalier, le plus souvent périodiques, on les trouve principalement sur les surfaces des vieilles autoroutes fédérales à chaussée en béton et nécessitant un assainissement, mais également des obstacles uniques (changements du recouvrement, butées de pont etc..) ne sont pas suffisamment prises en considération avec la procédure d'évaluation actuelle.

En partant de l'expérience que certaines sections ont été jusqu'ici trop bien classifiées par l'évaluation de l'état, car en circulant sur ces mêmes sections on constatait des effets sensibles qui se font ressentir sur les passagers de véhicule, les poids lourds, leurs chargement et la chaussée. A côté de la géométrie (ici: valeur d'état $\Phi_h(\Omega_0)$) il faudrait donc intégrer aussi les conséquences des inégalités longitudinales dans le concept d'évaluation et d'exploitation.

Des influences préjudiciables sur une sécurité routière ainsi que l'usure de la route sont prises en considération.

La grandeur d'état supplémentaire est appelée indice d'effet de planéité longitudinale (LWI) (v. [2]). Pour son calcul on part de l'idée que le plus grand effet causé par une inégalité caractérise de façon significative l'état d'une route dans la section de 100 m concerné. Les trois phénomènes d'oscillation suivants forment la base pour l'indice d'effet de planéité longitudinale :

- Inscription verticale d'oscillation dans le corps humain
- Accélération verticale sur la surface de chargement (critère : l'effort exerce sur la charge)
- Fluctuations de charge de roue (critères : effort exercé sur la route et sécurité routière)

Ces phénomènes d'oscillation sont pris en considération par trois filtres évaluant le profil longitudinal de la route : le "filtre humain" illustre la sensation d'oscillation d'un conducteur dans une voiture de classe moyenne roulant à 100 km/h sur la route en question; le "filtre de charge", déterminant l'accélération verticale qui se produit sur la surface de chargement d'une semi-remorque à 3 essieux juste au-dessus de l'essieu du milieu quand celui-ci roule à 80 km/h sur la route en question; et le "filtre de charge de roue" qui calcule les fluctuations de charge de roue entre les pneus et la chaussée pour l'axe d'entraînement d'un camion de 11,5 t toujours à 80 km/h.

Tous les trois filtres sont choisis de façon à refléter les niveaux d'oscillation apparaissant typiquement sur les grands axes de communication.

Après ajustage (prise en considération des effets relatifs à l'énergie) et normalisation (sur une valeur de référence « bonne route ») on obtient comme fonction de chemin trois réponses-filtre sans dimension. Leur valeur maximale commune - appliqués à des sections de 100 m - donne l'indice d'effet de planéité longitudinale LWI.

Des valeurs limites pour le LWI peuvent être dérivées du lien étroit entre AUN et LWI. Les valeurs 1,5, valeurs de seuil et d'avertissement suivantes sont proposées. Les valeurs limites citées sont particulièrement adaptées à l'évaluation des routes nationales et des autoroutes.

		effort exercé sur la chaussée - sécurité routière	effort exercé sur la charge	effort exercé sur le corps humain
	LWI	Augmentation / diminution maximale de charge de roue (par rapport à la charge de roue statique)	Accélération verticale maximale sur la surface de chargement	Valeur réelle de l'accélération verticale évaluée par la fréquence
	[-]	[%]	[m/s²]	[m/s²]
Valeur 1,5	1	17,5	1	0,3
Valeur d'avertissement	3	30	1,7	0,5
Valeur de seuil	9	52,5	3	0,9

Figure 2 : Propositions de valeurs limites pour le LWI avec les effets correspondants à l'effort exercé sur la chaussée, les marchandises de chargement et le corps humain

Dans le cadre d'un premier essai, à l'aide de données ZEB de l'autoroute A5, les valeurs existantes de LWI ont été testées. Les valeurs LWI et AUN de la moitié des tronçons (49,9%) étaient de la même catégorie. Dans 1,9 % des cas, les valeurs LWI ont donné de meilleurs résultats que les valeurs AUN et dans 48,1 % des cas, de moins bons résultats. Ces résultats concrétisent le fait que les valeurs LWI sont plus, quant à la longueur de plaine, que les valeurs AUN. L'autoroute A5 a été choisie de façon bien consciente car son état général est bon, ce qui est important pour mesurer les valeurs AUN. En ce moment les valeurs de test LWI sont actualisées. Si les résultats se révèlent positifs, on pense à rajouter les valeurs LWI à la liste du dessus, celle correspondant au concept de mesure ZEB.

4. Visualisation des données

Tous les 100 m les indicateurs et les valeurs indiquant l'état général, ainsi que les valeurs d'utilisation et de substance et la valeur générale seront calculées à partir de données brutes, en accord avec le concept indiqué ci-dessus. Ces informations doivent être incluses au procédé établi pour prendre des décisions, ainsi que pour établir l'entretien. Il est impossible d'utiliser ces données de manière adéquate, si elles sont sauvegardées dans un ordinateur, ou bien pouvant être imprimées à tout moment. C'est pour cela que le logiciel adapté a été établi, et permettant de pouvoir visualiser sur des plans de tronçons d'autoroutes ou bien sur des cartes routières. Avec ces cartes, il est possible d'avoir une bien meilleure vue d'ensemble, en ce qui concerne l'état général de la route et les différents réseaux concernés. Ainsi, il est possible de sélectionner les tronçons d'autoroutes qui sont en très mauvais état et ensuite, de pouvoir établir une analyse approfondie s'orientant vers des objets donnés qui correspondent aux données brutes. Quatre catégories sont représentées et apparaissent en couleur. Les valeurs d'avertissement, d'ondes constituent les limites des catégories. Les couleurs qui en résultent ont la signification suivante:

☞bleu: correspond au bon et nouvel état d'une route.

☞vert: aucune mesure ne doit être prise.

☞jaune: les raisons de la détérioration d'état doivent être analysées et des mesures de restauration doivent être prises.

☞rouge: mauvais état de la route; des mesures d'amélioration de la route doivent être prises ou bien la circulation doit être réduite.

Mais cela ne suffit pas de travailler avec des données indiquant l'état actuel. Des données sur la construction de la route, des informations sur les travaux déjà effectués, des données sur la circulation et sur la sécurité ainsi que des informations sur une planification, par exemple des ponts ou sur la remise en état de certains bâtiments, sont également indispensables pour un entretien des routes effectif et systématique. Le rôle d'une PMS est bien de pouvoir fournir toutes ces informations. Avec une PMS munie d'un système informatique adéquat il est possible d'avoir rapidement une vue d'ensemble, même sur un grand réseau de routes, et de pouvoir accéder aux informations qui sont importantes. La ZEB est donc le premier pas dans cette direction. A l'aide d'une PMS ces objectifs peuvent être atteints.

Afin de bien pouvoir visualiser les données évoquées auparavant, d'autres logiciels ont été programmés et permettent ainsi d'être relié au système d'informations géographiques, ce qui donne l'avantage à la PMS de pouvoir visualiser et fournir des données plus vastes. (voir. [3]). De plus, à l'aide d'une représentation alphabétique sur l'écran de l'ordinateur, les informations peuvent mieux être contrôlées et corrigées sur des fenêtres d'édition. Toutes les données importantes pour la PMS peuvent être aperçues sur une page, comme la partie d'un rouleau (sch. 3). La longueur de la partie de ce rouleau peut être définie. Le schéma no. 3 montre comme exemple uniquement une partie très courte. Avec ce rouleau de données, les contrôles de probabilité sont simples à réaliser et nécessitent une quantité de travail tout à fait acceptable.

Cette possibilité de pouvoir visualiser des données a tout de suite grandement intéressé les institutions administratives de construction routière.

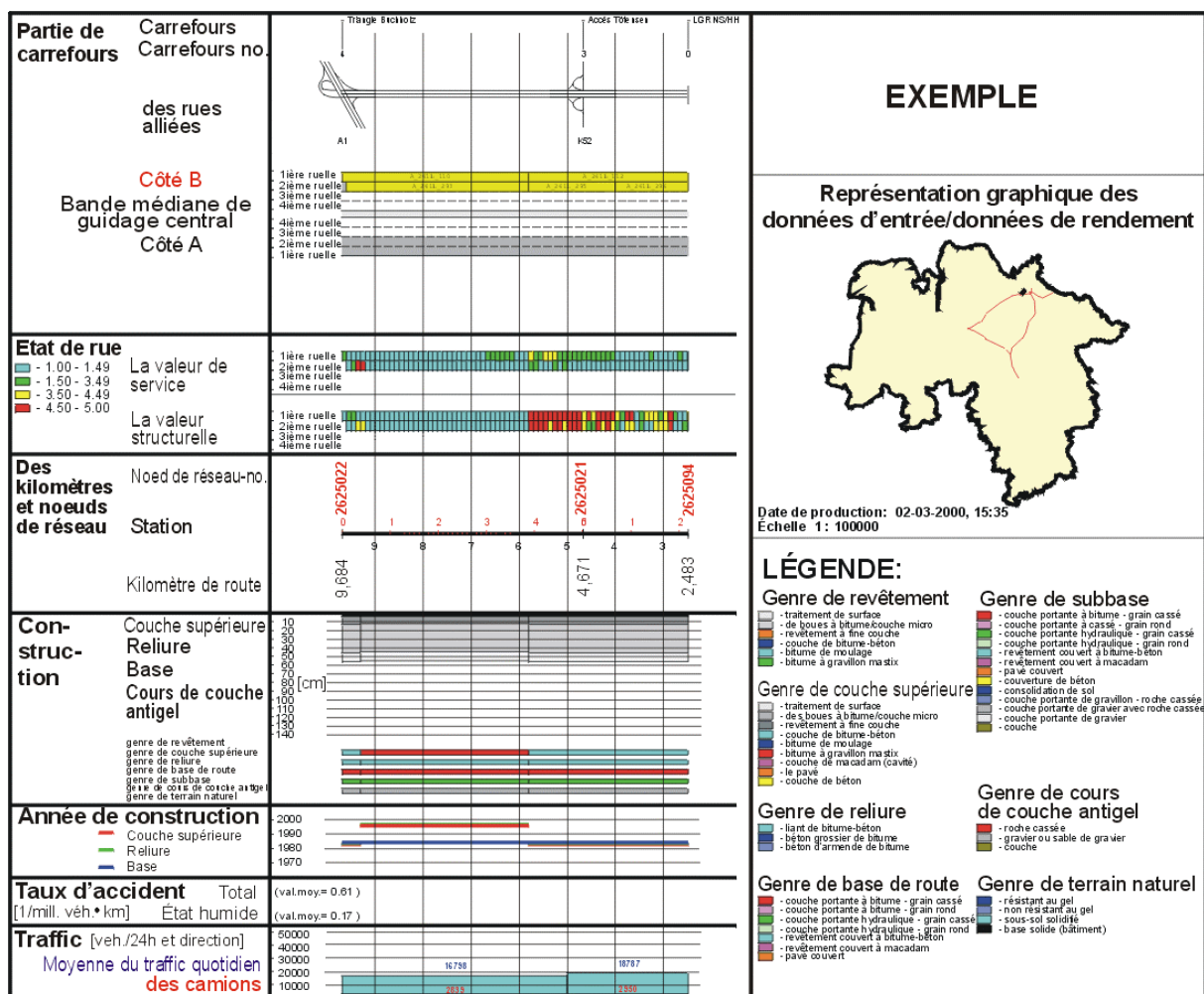


Figure 3 : Exemple de la représentation graphique de données PMS

5. Utilisation première d'un PMS (Pavement Management System) (voir. [3])

Lors d'un contrat de recherche, les algorithmes développés à ce sujet pour un PMS allemand, à l'aide d'un logiciel PMS déjà bien connu et répandu (dTIMS de l'entreprise Deighton, Canada) pour des tronçons de routes choisis au préalable – ont été testés sur une autoroute en Bavière et sur quatre routes nationales en Hesse- [4]. Les résultats PMS obtenus, étant bien réalistes et compréhensibles pour le stagiaire également, étaient la base de travaux réalisables à une échelle bien plus large. Elle a été réalisée une première fois au sein d'administrations des routes et autoroutes. Elle a débuté dans le milieu de l'année 1998. Le but de cette première expérience était de tester si le PMS satisfaisait les exigences des mesures d'entretien des routes, en ce qui concerne les paramètres agréables pour les utilisateurs de ce système et les résultats indiquant la qualité. Les paramètres importants pour les utilisateurs de ce système ont été conçus pour faciliter le travail minutieux et répétitif de la gestion des données et des mesures d'entretien des routes, qui actuellement est réalisé à la main, par écrit donc, ce qui de plus représente une source supplémentaire d'erreurs. Ce logiciel a donc été conçu pour faciliter et alléger le travail et pour pouvoir ordonner de manière systématique les données, afin d'apporter plus de transparence et d'exclure un maximum la mauvaise interprétation de données subjectives, lors de la préparation de prise de décisions. Les mesures pour juger la qualité des résultats étaient, de quelle manière le PMS en ayant des objectifs prédéfinis, mène à utiliser les moyens financiers mis à disposition et à atteindre la qualité visée, fournit des propositions utiles, en ce qui concerne le genre, le lieu et les priorités des dates à respecter, des mesures d'entretien qui doivent être prises pour les tronçons de route spécifiques, peut être employé, après une extension de réseaux d'informations et de mesures prises, optimisé, comme base pour la production d'un programme de maintenance à moyen terme (par exemple sur 5 à 10 ans), permet du point de vue d'un réseau, d'établir des pronostics probables et stratégiques, en ce qui concerne l'évolution de l'état des routes ou bien les mesures d'entretien à prendre dans le futur.

Le système de programme canadien, qui est connu en Europe sous le nom de „VIAPMS“, représente uniquement les contours d'un logiciel, mais il n'est en aucun cas un PMS terminé et prêt à l'emploi. Dans les fichiers de paramètres prévus à cet effet, les algorithmes accessibles, devaient être étudiés et préparés à l'aide de données importantes, existantes en Allemagne, et s'orientant vers le secteur d'entretien, se composant de valeurs telles celles de normes en place, de notices, et de toute sorte d'information.

La première utilisation du logiciel PMS, ainsi que tout ce que touche ce logiciel, en ce qui concerne la préparation des données et leur visualisation, devrait servir dans sa phase finale de séquence pour le transfert automatique de données, entre les archives de données des différents pays et le PMS. A l'intérieur de tout ce que touche ce logiciel, il est possible de résumer automatiquement les tronçons de 100m, servant à mesurer certaines valeurs indiquant l'état général de la route (ZEB), en les qualifiant de « tronçons homogènes ». Et qui de plus se rapproche plus de ce que l'on rencontre dans la pratique. Une longueur moyenne de 2 km pour BAB et d'à peu près 0,9 km pour routes nationales– (voir. 5]). A l'aide d'une partie d'un module, les tronçons homogènes, retranscrits de façon graphique, peuvent être modifiés de manière interactive de façon longitudinale ou verticale, permettant ainsi une meilleure représentation de la réalité et pour mieux pouvoir le retranscrire sur le tronçon à entretenir.

La première utilisation du PMS, ou tous les 13 grandes region on participé fonchainais entre le debut de l'année 1999 et janvier 2002,

Résultats

Les instruments utilisés pour la planification systématique de l'entretien des routes sont d'une grande aide. Les résultats des PMS, que ce soit pour une partie de route ou en rapport avec un réseau informatique, se sont tous deux avérés très réalistes et représentatifs de ce que l'on peut trouver, si l'on en croit les remarques des premiers utilisateurs. C'est surtout le côté pratique et réaliste de ces instruments qui a été mis en avant.

Pour pouvoir réaliser ces résultats, une grande quantité de corrections des données ont dû être entreprises, et spécialement celle donnant des informations concernant le genre, l'épaisseur l'année de mise en place de la des couches pour la solidification de la construction, ce qui a représenté une quantité de travail très importante. Pendant la première utilisation du PMS, les données nécessaires pour pouvoir effectuer un pronostic à long terme, et concernant le programme d'entretien des routes nationales et autoroutes, ont été réunies de manière systématique. Depuis la fin des l'année 2000 la situation en matière de données c'est nettement améliorée. Dans certains pays, la première utilisation a donné une très grande motivation quant à la bonne gestion de données et a incité beaucoup de gens à améliorer leurs données actuelles, car il était tout à fait notable que ces données étaient importantes et indispensables. D'autre part il était évident que beaucoup de résultats aberrants résultaient d'erreurs qui avaient été faites sur les données, ce qui aurait tout à fait pu être évité.

Pour la réalisation du système PMS, ci-inclus la correction des données, chaque service a nécessité en moyenne 2,5 personnes par mois. En ce qui concerne la comparaison répétée entre les mesures proposées par le PMS et les mesures planifiées ou réellement effectuées, il s'est avéré que si l'on considérait les travaux de manière plus générale (par exemple seulement le genre de travaux), que si l'on prenait plus strictement en compte la dénomination du genre de travaux à réaliser et l'année de leur réalisation, les données correspondaient plus souvent, que lorsqu'on était plus stricts. Dans tous les cas, il est conseillé de d'abord avoir une vue plus générale, surtout pour ce qui est de la réalisation interactive de programmes d'entretien provenant de proposition de mesures à prendre, fournies par le système PMS, car ces propositions peuvent être et doivent être une aide pour les ingénieurs familiarisés avec les programmes de planification d'entretien. Tout de même, le PMS ne doit pas uniquement confirmer la pratique en ce qui concerne l'entretien, mais également pouvoir fournir d'autres propositions pouvant être sérieusement considérées, ce que fournit d'ailleurs, la première utilisation.

La possibilité de pouvoir réaliser à l'avenir, grâce au système PMS, une planification de l'état des routes, tout en respectant les budgets respectifs, a enchanté et réveillé un très grand intérêt auprès des administrations des routes. Avec de tels résultats ou pronostics, une plus grande transparence peut être réalisée, en ce qui concerne les décisions fiscales, prise par les autorités et également les politiciens.

Une étude sur la problématique que pourrait représenter la mise en pratique d'un PMS sur plusieurs niveaux d'administration a été réalisée au sein d'office de pays de la Hesse pour les routes et le transport. Cette utilisation a complété les résultats de la première utilisation déjà connus au niveau de l'administration de gestion des travaux. Il est interdit de réaliser une coordination de données sur informatique, réalisée à partir de données PMS, pour produire une liste sur les programmes d'entretien à échelle nationale. Ceci n'est prometteur que si pendant toutes les phases interactives de rapprochement vers ce programme, des échanges intenses de données avec les administrations de gestion des routes, se produit, car il se pourrait qu'à des endroits primordiaux, des erreurs de données, concernant des particularités quant à la localité, de manière générale ne soient pas décelées.

La première application montre, avec un regard sur les résultats d'optimisation du PMS, l'importance particulière du choix des longueurs des sections choisies pour les mesures d'entretien.

Les sections homogènes d'abord formées automatiquement sur des autoroutes mesurent, comme déjà mentionné, en moyenne environ 2 km ce qui est largement plus court que des lots de construction qui vont être réalisés plus tard.

Si on rassemble les sections homogènes en lots de construction avant la mise en oeuvre des calculs d'optimisation du PMS on exerce une influence décisive sur la formation de hiérarchies et donc le calcul de la l'urgence pour les mesures d'entretien. Il est donc plus logique de faire calculer le PMS une première fois avec les sections homogènes inchangées et de rassembler seulement ensuite les sections homogènes en lots de construction réalistes. Les raisons pour le rassemblement restent alors transparentes.

Le ZEB ne permet que l'évaluation de la surface routière. Elle ne permet pas de description suffisante de l'état de toute la structure routière. Ainsi s'effectue de plus dans le PMS une évaluation de la structure qui doit se limiter à l'épaisseur et à l'âge des différentes couches pour des raisons de disponibilité de données. Si toutefois seulement la valeur de substance est mauvaise mais l'état de la surface est classé bon au moyen du ZEB, le PMS ne propose aucune intervention. Ce procédé conduit à des résultats PMS largement plus plausibles.

« L'évaluation des mesures d'entretien a une importance décisive pour le classement des variantes de stratégie et l'optimisation des mesures. La procédure d'évaluation contenue dans le VIAPMS se base sur une approche d'analyse de l'utilité avec laquelle des notes d'état des routes sont liées à des valeurs d'objectif partielles. Le dépassement des seuils définis pour les valeurs d'objectif partielles déclenche la planification de mesures afin de sauvegarder ou de restaurer la valeur d'usage et/ou la valeur de substance des routes. Une fois les mesures d'entretien terminées, la notation de l'état de la route et l'évolution de son état dans le futur pour une période donnée changent abruptement.

La comparaison des effets de la mesure avec l'état qui s'adapterait à la négligence des mesures de conservation, livre une mesure pour le profit qualitatif de la mesure de conservation respective
La comparaison de ces effets avec ce qui arriverait lors de l'omission des mesures d'entretien permet de mesurer le profit qualitatif de la mesure d'entretien.

Une pondération de cette mesure avec la surface de la section de route considérée et la circulation quotidienne moyenne (DTV) livre la valeur de profit de la mesure d'entretien selon la définition de profit au sein de ce système. »

En ce moment nous réfléchissons ,de compléter cette manière dévaluer avec un procéder dévaluation basse sur l'économie global. Les composantes utilisées temps, utilisation du véhicule, accident et les coût du bruit sonore sont actuellement vérifier sur leur possibilité d'application.

Conclusions pour la pratique

Les licences de logiciel nécessaires pour la poursuite du PMS ont été reprises durablement par tous les premiers utilisateurs. L'application pratique du PMS est actuellement diverse. Dans environ la moitié des états participants à la première application, le PMS est déjà employé pour la préparation de programmes d'entretien. Dans l'usage au sein des administrations l'on poursuit les débuts d'une implémentation PMS centrale (p.ex. administration de l'état fédéral, en général seulement pour des autoroutes) une implémentation partiellement centrale (des "services" sélectionnés parmi les instituts de construction) et une implémentation décentralisée (PMS dans tous les instituts pour la construction de routes, coordination par l'administration de l'état fédéral. Alternativement était emprunté le chemin d'une attribution à un bureau de construction privé avec la coordination par l'administration de l'état fédéral compétent (avec l'accord des instituts pour la construction de routes).

Dans l'ensemble on peut constater que l'objectif de la première application PMS a été atteint et même dépassé d'une manière inattendue.

L'évolution du PMS depuis son premier essai pour contrôler son aptitude pratique en application et même en des débuts de procédure de routine s'est déroulé souvent sans accros.

Il va de soi que tous les paramètres du modèle qui sont d'après l'estimation des premiers utilisateurs déjà dans une certaine mesure harmonieux, doivent être continuellement remis en cause et adaptés aux nouvelles recherches scientifiques. Aussi du point de vue de la convivialité, des améliorations sont-elles encore nécessaires.

L'utilisateur a maintenant à sa disposition un outil d'aide à la gestion et la planification des mesures d'entretien par :

- la recherche et énumération des alternatives techniques pour les mesures de réparation et de rénovation au niveau du projet,
- le rassemblement d'alternatives de mesures optimales pour un programme d'entretien d'un réseau routier donné,
- une transposition rapide des objectifs stratégiques sous forme de scénarios financiers ou de qualité pour des réseaux entiers ou partiels.

Perspective

Il ne faut pas oublier que l'utilisation PMS se trouve encore au début. Ce rapport informe sur les expériences lors d'une première application dans environ 25 services. Il existe cependant en Allemagne environ 140 bureaux de construction de routes et d'autres bureaux qu'il faudrait intégrer pour une application généralisée. La prochaine étape sera l'intégration de nouveaux intéressés. Ensuite sera effectué dans d'autres états fédéraux l'expansion sur le réseau complet d'une catégorie de routes d'abord, par. ex. les autoroutes, mais plus tard sur tout le réseau des grands axes de communication – autoroutes et routes nationales. Des efforts considérables restent à faire avant qu'on puisse parler d'une application généralisée du système de gestion de chaussée (PMS) en Allemagne.

A qui sert donc l'outil du système de gestion de chaussée ? En raison de la gestion des commandes, la tâche de la gestion d'entretien est effectuée par l'Administration de Construction de Routes Nationales.

En conséquence, le logiciel du système de gestion de chaussée sera utilisé premièrement dans les pays fédéraux, également. Ni le BMVBW, ni le BASt vont utiliser le système de gestion de chaussée comme un instrument de contrôle pour vérifier les résultats par rapport à la gestion d'entretien.

Pourquoi pas ?

1. La gestion d'entretien fait partie des tâches des pays fédéraux.
2. La gestion actuelle de toutes les données nécessaires concernant les objets des réseaux des routes fédérales est extrêmement difficile, si pas impossible pour la confédération.

Les buts de vue de la confédération sont les suivants :

Un instrument sera fourni pour les gestions des commandes à aligner les mesures d'entretien de priorité à l'aide des procédures homogènes et systématiques et des algorithmes d'évaluation.

-La confédération et les pays fédéraux doivent être capable de vérifier ou contrôler, si nécessaire, les besoins financiers par une surveillance permanente sur l'état actuel des routes en considération de réseau. En particulier, l'estimation du développement, c'est à dire en particulier l'estimation du développement de l'état des routes en fait partie et l'estimation des besoins d'investissement nécessaires avec la donnée de l'objectif de préservation qualitatif et quantitatif.

-de plus, des développements n'étant plus maîtrisables de l'ampleur de maintien qui doivent être empêchés à l'aide de PMS financièrement, de genre de construction ou pour des raisons de capacités de personnel.

Pour gérer l'entretien des routes et des ouvrages (par extension toutes les autres installations comme les protections contre les nuisances sonores et les accessoires routiers, les PMS (Pavement Management System) doivent être coordonnés à moyen terme, afin d'obtenir via un réseau des informations objectivement comparables relatives à l'urgence ou bien le rapport coût/utilisation, et pour permettre une coordination de toutes les mesures de réparation économiquement et techniquement intéressantes.

La décision concernant la mise en place d'une PMS soulève la question des coûts engagés par rapport à l'utilisation du maintien systématique des routes. Environ 1 milliard d'euros sont dépensés chaque année pour les réparations concernant les routes principales (hors ouvrages et équipements). Une étude régulière de l'état général des routes principales dans le pays coûte environ 2,3 millions d'euros par an. Pour l'utilisation dans une PMS, des données supplémentaires sont nécessaires. Une grosse partie de ces données sont déjà existantes, mais certaines d'entre elles doivent encore être traitées de façon à être informatiquement exploitables. L'intégration de ces données dans une PMS entraîne des frais supplémentaires, de même que le développement et la maintenance du logiciel de PMS ainsi que la formation du personnel. Si dans une première approximation le coût de 2,3 millions d'euros / an était multiplié par 2 ou par 3, les investissements de 1 milliard d'euros / an pour le maintien des routes se verraient augmentés de 4,6 ou 7 millions d'euros / an; ceci correspondant environ de 0,4 à 0,7 %. Une PMS devrait par conséquent permettre de réaliser des économies sur les investissements d'entretien d'environ 1%. Si l'on prend conscience qu'une PMS véhicule une quantité de données telle, que même un ingénieur par la meilleure volonté ne pourrait avoir le recul nécessaire pour tout appréhender, alors les avantages économiques sont très probables.

6. Nouvel ensemble de règles du ministère fédéral des transports, de la construction et du logement.

Le ministère fédéral des transports, de la construction et du logement a décidé en 2001 d'une nouvelle règles qui renforce l'entretien systématique des routes soutenue par l'utilisation d'un PMS. Par là-même est créée la possibilité de comparer les résultats de l'utilisation de la PMS ainsi que les programmes de réparation entre les 16 Lands allemands.

En ce qui concerne les routes principales du pays, les "Directives pour la planification de mesures pour l'entretien des routes" (RPE-Stra 01) [07] ont contribué à l'apport d'expérience. Cela doit conduire à l'unification des plans de mesures pour l'entretien des routes. Les "RPE-Stra 01" représentent les directives de base et soutiennent l'établissement de programmes d'entretien coordonnés à moyen terme.

Les décisions concernant les mesures d'entretien sont prises sur la base d'analyses systématiques des réseaux respectifs concernés d'après les points de vue les plus objectifs possibles. Les "RPE-Stra 01" décrivent toutes les étapes administratives essentielles de planification du maintien d'un réseau routier efficace et systématique. Les procédures développées par les travaux de recherche sont traduites en pratique administrative et les différents plans d'entretien des routes principales en cours dans chaque Land sont homogénéisés. Les "RPE-Stra 01" explicitent le déroulement de l'analyse de la qualité du réseau (son état) par le choix d'une stratégie d'entretien orientée jusqu'à la mise en place de programmes de maintien coordonnés à moyen terme et à leur mise en œuvre. Les plans d'entretien en réseau pour les autoroutes comprennent des tronçons plus longs (domaines de mesures d'entretien) sous la coordination et l'optimisation de mesures de maintien des routes et des constructions. L'objectif étant d'éviter une mauvaise évolution de la structure ancienne et de l'état de surface et en particulier maintenir à un niveau aussi faible que possible les difficultés de circulation occasionnées par des travaux sur les tronçons à fort trafic. L'application des "RPE-Stra 01" signifie qu'il est nécessaire de disposer de données en réseau et actuelles.

7. Contrats de construction "fonctionnels".

Alternativement et pour compléter l'entretien systématique des chaussées par l'administration de la construction routière, nous testons en ce moment la possibilité d'un nouveau contrat de construction – les contrats de construction "fonctionnels" –.

" La forme actuelle de contrat usuel sur les accords concernant les prestations de construction de routes prévoit une mise en œuvre et une garantie de vice de construction correspondante de généralement 4 ans. Cette façon de procéder a amené au fait que, au regard des attributions de ces prestations, les méthodes de construction étaient peu évaluées par rapport aux caractéristiques d'utilisation au cours de la période d'activité et aux dépenses liées au maintien de ces qualités. Le contrat de construction "fonctionnel" doit conduire à s'intéresser à une longue durée d'utilisation de l'ouvrage "route" avec une rentabilité la plus globale possible" [9].

La dénomination "contrat de construction fonctionnel" doit signifier que la fonction de la construction (la route), c'est-à-dire sa roulabilité en toute sécurité et son caractère durable, est au centre du contrat entre les parties contractantes. Le contrat de construction "fonctionnel" comprend dans un écrit à la fois les bases de la construction nouvelle et de son renouvellement ainsi que les mesures d'entretien sur une période de 20 ans. Cela veut dire que les caractéristiques d'une route y sont définies exclusivement à travers ses exigences fonctionnelles par son état, par exemple la planitude en longueur ou en largeur, l'adhérence, et l'absence de fissures, et non plus seulement par ses caractéristiques techniques comme les mélanges de matériaux de construction, les types et les quantités d'agglomérants, les degrés de compression, la porosité et beaucoup d'autres. Ces dernières sont fixées dans les contrats classiques via de vastes dispositions et conditions techniques additionnelles et évaluées par l'observation à l'aide d'innombrables protocoles de vérification. Les exigences concernant l'état de surface de la route définies dans le contrat de construction "fonctionnel" doivent remplacer ces dispositions détaillées et leur examen correspondant.

La nouvelle forme de contrat renforce l'intérêt et la responsabilité du constructeur en ce qui concerne le caractère durable et l'aptitude à l'utilisation et offre ainsi des avantages économiques globaux. Les contrats de cette forme doivent encourager les efforts de privatisation et la suppression des actes administratifs publics et permettre la possibilité de saisir l'état des routes.

Les deux premiers projets pilotes ont démarré en 2002 en Allemagne. 10 km sur l'A81 ont été complètement renouvelé avec du bitume en Baden-Würtemberg; ainsi que sur l'A61 10 km avec du béton en Rheinland-Pfalz. L'industrie moyenne du bâtiment a montré un intérêt fort pour cette nouvelle forme de contrat. Le nombre de candidats était plus élevé qu'avec les contrats conventionnels, pour des projets à couverture comparable. L'expérience sur l'efficacité et la rentabilité des contrats pilotes achevés ne seront toutefois disponibles que dans 5 à 15 ans.

Bibliographie

- [1] Arbeitspapiere zur Systematik der Straßenerhaltung AP, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001.
- [2] Ueckermann, A.: Der Längsebenenwirkindex LWI. Schlussbericht zum Forschungsauftrag FE 04.186/2000/DGB, Institut für Straßenwesen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Aachen 2001.
- [3] Maerschalk, G.; Krause, G.: Erstanwendung der vorliegenden Algorithmen für die Erhaltungsplanung in ausgewählten Bauämtern. Schlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt FE 09.114/1998/, München 2002.
- [4] Rübensam, J.; Schulze, F.: Entwicklung einer Methodik zur zweckmäßigen Zusammenfassung maßnahmebedürftiger Abschnitte der BAB-Betriebsstrecken auf der Grundlage von Zustands- und Bestandsdaten. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 736, Bonn–Bad Godesberg, 1996.
- [5] Maerschalk, G.: Erstellung einer ablauffähigen Folge von Algorithmen für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen und der Mittelverwendung im Rahmen eines PMS. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 751, Bonn–Bad Godesberg, 1997.
- [6] Entwicklung eines BVWP/EWS-kompatiblen Bewertungsbausteins für Erhaltungsinvestitionen in die Straßeninfrastruktur und dessen bedarfsgerechte Begleitung im Feldversuch nach Integration des Bewertungsbausteins in die Software „VIAPMS“ der VIAGROUP, Winterthur. Hrsg.: Zentrum für Logistik und Verkehrsplanung; SEP Maerschalk, Berlin, München 2000.
- [7] Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen, RPE-Stra 01. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001.
- [8] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 26/2001, Aufstellung koordinierter Erhaltungsprogramme für Straßenbefestigungen, Bauwerke und sonstige Anlagenteile von Bundesfernstraßen. Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Bonn, 2001.
- [9] Knoll, E.; u. a.: Funktionsbauverträge. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 780, Bonn–Bad Godesberg, 1999.