French Resumes of Papers

ADHERENCE ET TEXTURE SUPERFICIELLE

H. Augustin

La construction et l'entretien de routes sûres nécessitent un niveau élevé d'adhérence. Pour maintenir ce niveau, certaines conditions technologiques à la surface de la route doivent être remplies.

Dans le cadre d'un programme de recherche exécuté au Federal Testing and Research Establishment à Vienne, Autriche, on a examiné de quelle manière et dans quelle mesure les matériaux de construction et la texture superficielle de la route influencent le coefficient de frottement par temps de pluie. Trois sujets principaux ont été abordés : 1. Influence de la texture superficielle de la route sur l'adhérence. 2. Changement de texture superficielle de la route en fonction du trafic. 3. Simulation de trafic en laboratoire.

Pour ces trois tâches, il était très important de pouvoir disposer d'une évaluation précise de la structure morphologique de la surface de la route. A cet effet, un équipement d'essai a été mis au point pour l'auscultation entièrement automatique de sections choisies de surfaces routières. La distance minimale entre les points d'auscultation est de 12,5 μm, la précision des mesures est de ±5 μm et la distance maximale mesurée est de 22 cm. Des carottes, dont les coefficients de frottement sont connus d'après des mesures réalisées avec le SRM (Stuttgarter Reibungsmesser), ont été analysées. Les sections de routes examinées ont ensuite été évaluées par des méthodes statistiques. Après examen préalable de la rugosité, les profils ont été caractérisés au moyen de mesures du spectre de densité de puissance.

De bonnes corrélations ont pu être établies entre les spectres de densité de puissance et les coefficients de frottement. Il est donc possible d'émettre déjà des conclusions sur la résistance au dérapage d'une route à partir de la microtexture de sa surface.

En outre, des essais ont été réalisés in situ et en laboratoire pour déterminer les changements de texture de surface et les coefficients de frottement correspondants en fonction du trafic. Ces examens ont été réalisés avec le simulateur de polissage (FRICTOMETER) du Federal Testing and Research Establishment Arsenal. Au cours de l'essai, des rouleaux coniques en caoutchouc déplacés le long de la surface d'une carotte ou d'un échantillons de laboratoire simulent l'effet de polissage. Il est donc possible de fabriquer des échantillons de laboratoire de toute structure souhaitée en matériaux de construction routière et d'étudier leurs différentes résistances au polissage. Comparativement au British standard polishing test, cette procédure offre de grands avantages vu que selon le British standard, les essais ne peuvent porter que sur des grains de dimension 8/10. Pour obtenir un indice décrivant l'effet de polissage du trafic, le coefficient de frottement est déterminé avec l'équipement FRICTOMETER avant et après le polissage. En outre, les sections choisies de la surface examinée sont auscultées en vue d'étudier les changements de la structure morphologique de la surface routière causés par le polissage.

La détermination de l'influence de la texture superficielle sur le frottement en fonction du trafic a avant tout des conséquences technologiques. Il est maintenant possible d'évaluer la résistance au dérapage et au polissage de futures surfaces routières dans des conditions

Copyright© 1990 by ASTM International www.astm.org

de laboratoire en examinant les changements que les différents types d'agrégats subissent durant le processus de polissage.

INFLUENCE DE LA RESISTANCE AU POLISSAGE DU SABLE SUR LA RESISTANCE AU DERAPAGE DU BETON ASPHALTIQUE

J. Dames

La relation entre la résistance au polissage de roches traditionnellement utilisées en construction routière et la résistance au dérapage d'une route construite avec des gravillons de cette roche est bien connue et a fait l'objet de nombreuses études. Toutefois, la corrélation entre la résistance au polissage et la résistance au dérapage n'a jamais été particulièrement bonne. Ceci s'explique normalement par le fait que la résistance au dérapage d'une surface routière dépend simultanément d'une large gamme de facteurs inséparables ou difficilement séparables. De plus, il est à noter que les études en matière de polissage portent de manière prédominante sur les pierres alors que les éléments sableux ont été négligés.

Dans les études présentées, les recherches en matière de polissage ont été réalisées sur six sables représentatifs en ce qui concerne leur influence sur la résistance au dérapage des surfaces asphaltiques sous trafic. Les résultats ont montré que cinq sables, y compris un sable naturel, possédaient une forte résistance au polissage. Seul un sable de calcaire concassé a affiché une résistance au polissage franchement faible. Des sections d'essai ont été construites avec des bétons asphaltiques contenant six sables différents. Après une année de trafic moyen, les conclusions suivantes peuvent être tirées : (1) la résistance au polissage des sables et la résistance au dérapage des bétons asphaltiques étaient du même ordre; (2) le sable ayant la résistance au polissage la plus faible a également conduit à un niveau de résistance au dérapage franchement bas, bien que les pierres de la couche de surface en béton bitumineux présentassent une forte résistance au polissage.

Les essais de polissage ont été réalisés selon la méthode Wehner/Schulze, utilisant deux machines, l'une pour le polissage et l'autre pour la mesure de la résistance au dérapage. Cet essai fait appel à une surface plane de 22 cm de diamètre; le sable est lié au moyen d'une résine. Jusqu'à présent, la méthode adoptée était principalement utilisée pour tester des gravillons. Cette méthode permet également de tester des carottes provenant de surfaces routières. Les résultats de la méthode de polissage Wehner/Schulze indiquent une simulation réaliste du trafic et une reproductibilité relativement bonne. La méthode est actuellement dans une phase d'adaptation pour sa transformation en essai de routine.

La communication souligne l'influence étonnamment grande de la résistance au polissage du sable dans les mélanges de béton asphaltique sur la résistance au dérapage de la couche de roulement. On en conclut que l'adhérence des couches d'usure en béton asphaltique dépend davantage de l'angularité du sable et moins de la résistance au polissage des pierres.

INTRODUCTION D'UNE POLITIQUE EN MATIERE D'ADHERENCE EN GRANDE-BRETAGNE

T. Gargett

Les travaux de recherche liés à l'adhérence sont en cours depuis plus de 50 ans au TRRL (Transport and Road Research Laboratory).

En 1979, un projet de « norme » basé sur la recherche au TRRL a été préparé par le Ministère des transports pour mise en application sur le réseau national. Cependant, il n'a

pas été publié car on ne connaissait pas suffisamment les niveaux d'adhérence existants et l'information alors disponible ne permettait pas de démontrer la rentabilité de l'introduction de cette politique.

Dans un effort pour fournir l'information nécessaire, le Ministère des transports a organisé une étude nationale de l'adhérence basée sur le SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine). En 1981 et 1982 une étude MSSC (coefficient SCRIM moyen d'été — la moyenne d'au moins trois mesures échelonnées de manière régulière de mai à septembre inclus) a été entreprise sur la base de tronçons d'échantillonnage courts (approximativement 10 km de longueur) pour représenter le réseau à l'échelle nationale et fournir un nombre adéquat d'échantillons des nombreuses catégories de routes différentes rencontrées sur un système routier.

En tout, un échantillon représentatif de quelque 1000 km de l'étude MSSC a été retenu pour analyse plus détaillée. L'échantillon a été découpé en petites sous-sections classées chacune dans une catégorie de site comme par exemple approche de feux de circulation, route en section courante, autoroute, virage, carrefour important, petit carrefour, route à deux chaussées, routes à chaussée unique, etc. Les valeurs de l'adhérence moyenne et minimale ont été déterminées pour chaque sous-section et tous les accidents corporels sur une période de trois ans, définis chacun par type (pas de dérapage à sec, dérapage à sec, pas de dérapage sur chaussée humide, dérapage sur chaussée humide) ont été attribués à la sous-section se rapportant au lieu où ils se sont produits.

L'analyse des données a démontré que des relations adhérence/accident très différentes existaient au sein des diverses catégories de site et, sur la base des résultats obtenus, une politique a été mise au point qui permettrait non seulement d'éviter des accidents mais s'avérerait en plus extrêmement rentable.

UTILISATION DES MATHEMATIQUES FLOUES POUR L'ANALYSE DE L'ADHERENCE DES CHAUSSEES

X. Huihua et J. J. Henry

L'interaction physique entre la surface des chaussées et les pneus des véhicules a été amplement étudiée. L'état de la chaussée, les caractéristiques du trafic, l'environnement et les habitudes des conducteurs sont autant de facteurs qui jouent un rôle important dans les caractéristiques des chaussées en matière d'adhérence et de sécurité. Il est toutefois difficile d'utiliser des données quantitatives pour décrire ces facteurs incertains, et la maigre corrélation entre les performances des chaussées et ces facteurs ne permet pas de prédire les propriétés de résistance au dérapage par une analyse de régression. Pour évaluer l'adhérence des chaussées, une méthodologie a été introduite qui utilise les mathématiques des ensembles flous. Les performances de sections de chaussées en matière d'adhérence peuvent être groupées par l'analyse des groupements flous des données obtenues à l'essai à la tache de sable et de l'essai de polissage, ainsi que les coefficients d'adhérence mesurés sur des sections d'essai à l'aide de pneus d'essai lisses et à sculptures. Un modèle informatique qui prédit les endroits à haut risque d'accident peut être établi à partir des résultats des groupements flous. Ces résultats peuvent aussi être utilisés pour prédire les variations saisonnières de l'adhérence des chaussées. Le principe traité ici peut s'appliquer à tous les types d'évaluation de l'état des chaussées. La présente communication décrit l'état de l'art de l'utilisation de l'analyse des sous-ensembles flous pour l'évaluation de l'adhérence des chaussées. Elle décrit d'abord les objectifs et l'éventail des applications possibles de cette méthodologie et donne ensuite les méthodes de calcul et les résultats d'une étude de cas basée sur cette technique. Des recommandations sont également esquissées pour les recherches futures en matière d'adhérence.

INFLUENCE DE L'EPAISSEUR DU FILM D'EAU SUR LE FROTTEMENT PNEU/CHAUSSEE

B. T. Kulakowski et D. W. Harwood

La communication présente les résultats d'une vaste recherche expérimentale sur l'influence de fins films d'eau, d'une épaisseur inférieure à 0,38 mm, sur le frottement pneu-chaussée. Des essais en laboratoire et des essais in situ en vraie grandeur ont été réalisés, notamment avec de nouveaux équipements de mesure. Un nouvel appareil a été mis au point pour la mesure en laboratoire du frottement caoutchouc-surface. Un nouveau matériel a également été construit pour mesurer l'épaisseur des minces films d'eau qui se forment à la surface des chaussées. Les résultats des essais réalisés en laboratoire et in situ montrent que le frottement pneu-revêtement peut diminuer de manière sensible en présence de très fins films d'eau de 0,025 à 0,230 mm d'épaisseur. Une mesure quantitative de l'influence de l'épaisseur du film d'eau sur le frottement pneu-revêtement est proposée. Les influences du pneu, de la vitesse du véhicule et de la texture de la chaussée sur la susceptibilité à l'humidité de la chaussée sont également étudiées.

PREVISION DE LA RESISTANCE AU DERAPAGE DES REVETEMENTS BITUMINEUX SUR LA BASE D'ESSAIS ACCELERES DE GRANULATS EN LABORATOIRE

K. T. Diringer et R. T. Barros

Le but de cette étude était de mettre en corrélation les résultats d'une procédure d'essai en laboratoire, mesurant la résistance au polissage des granulats, avec la résistance au dérapage de revêtements bitumineux. Cette corrélation serait l'instrument d'identification de la résistance au dérapage des granulats et constituerait le potentiel permettant d'assurer la résistance au dérapage des revêtements bitumineux sur toute leur durée de vie.

Cette étude a été réalisée en deux phases. La première consistait à estimer la relation empirique entre la microtexture des granulats d'une part et le polissage accéléré d'autre part, en utilisant une version modifiée des normes ASTM D 3319 et E 303. Un modèle exponentiel a été développé, approchant de manière réaliste la valeur minimale du coefficient de polissage observé avec l'asymptote théorique à la courbe du taux de polissage.

La valeur de cette asymptote était en bonne corrélation avec l'expérience du New Jersey en matière de résistance au dérapage de types spécifiques de granulats, et elle a été utilisée par la suite dans la seconde phase de l'étude.

Dans la seconde partie de cette étude, une relation plus détaillée a été recherchée entre le coefficient de polissage et la résistance minimale au dérapage à long terme. Des expérimentations ont eu lieu pour évaluer le coefficient de polissage des granulats et la résistance au dérapage de revêtements bitumineux composés de ces granulats, et pour rassembler des données environnementales couvrant une période d'un an sur des sections sélectionnées pour des essais de dérapage. Ces informations ont été utilisées pour normaliser la résistance au dérapage du revêtement bitumineux en termes de coefficient de polissage des granulats et de facteurs environnementaux cycliques.

Tout en reconnaissant qu'un affinement complémentaire est nécessaire, une limite expérimentale d'acceptabilité peut être identifiée sur la base de cette relation pour la sélection préalable des granulats. Les valeurs possibles du coefficient de polissage pour cette limite d'acceptabilité se situent entre 25 et 32, en fonction des facteurs que l'on choisit d'inclure dans cette considération.

Il y a lieu de poursuivre la recherche pour contrôler et affiner les modèles développés. La présente communication se termine par une description détaillée du travail à accomplir en vue de mener cette analyse à bonne fin et de mettre des prescriptions statistiques en application pour la sélection préalable de granulats, basée sur la résistance au polissage.

UNE NOUVELLE METHODE OPTO-ELECTRONIQUE SANS CONTACT POUR LA MESURE DU DEPLACEMENT OU DE LA DISTANCE DU VEHICULE PAR RAPPORT A LA CHAUSSEE

J. M. Caussignac, G. Morel et J. Charrier

La présente communication décrit une nouvelle technique optique pour mesurer le déplacement ou la distance par rapport à la chaussée en utilisant un laser. Cette méthode sans contact est basée sur l'analyse d'une image défocalisée d'un spot laser par un capteur matriciel. Nous montrons que la proportion d'énergie lumineuse reçue par le pixel central et l'énergie totale reçue par le capteur matriciel dépendent de la distance par rapport à la chaussée. Le signal analogique est digitalisé et traité par ordinateur. Cette technique est rapide et ne crée par de perturbation de la chaussée. La distance d'utilisation, la résolution et la précision des mesures en hauteur peuvent être adaptées en modifiant soit les positions géométriques des différents composants de l'appareil ou la distance focale de la lentille.

MESURE ET UTILISATION DE L'ADHERENCE ET DE LA TEXTURE SUPERFICIELLE

C. K. Kennedy, A. E. Young et I. C. Butler

Les accidents de la route constituent une source significative de coûts pour la communauté liés aux opérations de transport. Il est typique qu'environ un tiers de tous les accidents se rapportent à des conditions d'adhérence sur chaussée humide, situations qui pourraient être évitées si des contrôles de routine des caractéristiques de surface avaient lieu et si des traitements curatifs étaient entrepris aux endroits à hauts risques.

La communication passe brièvement en revue des publications prouvant la relation entre l'adhérence et la profondeur de la texture superficielle d'une part et les statistiques en matière d'accidents d'autre part; elle y ajoute des résultats obtenus à Londres au cours des années 80.

Les équipements et techniques disponibles pour mesurer l'adhérence et la texture superficielle sont présentés de manière critique et les équipments couramment utilisés en Grande-Bretagne pour le contrôle de routine de ces paramètres sont décrits en détail. Ces équipements comprennent l'appareil de mesure de la texture à grande vitesse par rayon laser, capable de mesurer la profondeur de texture à des vitesses d'auscultation allant jusqu'à ±120 km/h, l'appareil manuel de mesure de la texture pour le contrôle du respect des spécifications en matière de texture lors de travaux de resurfaçage et le SCRIM (Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine) actuellement utilisé pour inspecter plus de 40 000 km de voies annuellement.

Finalement, la communication décrit des mesures obtenues avec les divers équipements, les procédés de traitement des résultats et, plus important, les formes courantes de présentation des résultats. Pour s'assurer que l'ingénieur chargé de l'entretien puisse facilement faire l'usage le plus efficace des résultats, l'accent est mis sur l'utilisation de récapitulatifs visuels illustrant les zones à haut risque et de programmes informatiques de recherche pour le listage automatique de détails de mesures dans les zones à haut risque.

PROCEDURE D'ETALONNAGE EN BOUCLE FERMEE POUR UN PENDULE SRT BRITANNIQUE

B. T. Kulakowski, J. J. Henry et C. Lin

Les utilisateurs du pendule SRT britannique ont été très préoccupés par l'incohérence fréquente des résultats de mesure et le manque de concordance entre appareils. Une des raisons de l'incohérence s'avère être la procédure d'étalonnage complexe, incommode et inefficace. La procédure ASTM actuelle constitue un étalonnage statique inadéquat. Dans cette procédure à boucle ouverte, plusieurs paramètres tels que le poids du pendule, la localisation du centre de gravité et la charge statique du sabot sont ajustés aux valeurs prescrites par la norme, sans tenir compte des mesures obtenues avec le pendule étalonné. Non seulement certains paramètres, la charge du sabot en particulier, sont difficiles à régler, mais, de plus, la manière dont différents paramètres de ce système dynamique complexe interagissent pour fournir le résultat de mesure n'est pas pleinement prise en compte.

Dans la présente communication, une nouvelle procédure d'étalonnage est proposée. La méthode utilise une surface en aluminium à faible frottement comme norme d'étalonnage. L'étalonnage du pendule s'effectue en ajustant la tension du ressort du sabot jusqu'à ce que le résultat obtenu sur la surface de référence tombe dans les limites prescrites. Le sabot du pendule a été modifié pour permettre le réglage aisé de la tension du ressort. La procédure d'étalonnage proposée est suffisamment simple pour être réalisée journellement ou avant chaque nouvelle série de mesures si nécessaire. La précision des résultats obtenus avec la nouvelle procédure est évaluée. Les résultats de simulation informatique du Pendule SRT sont présentés.

EVALUATION DES PROPRIETES DE POLISSAGE DE PIERRES ET DE SURFACES ROUTIERES BITUMINEUSES AU MOYEN DE LA MACHINE DE POLISSAGE PENN STATE

N. Nitta, K. Saito et S. Isozaki

Dans cette étude, on a tenté d'étudier les propriétés de polissage de pierres et de mélanges bitumineux de revêtements routiers au moyen de la machine de polissage pendulaire Penn State. Les résultats de l'essai ont été évalués par le CPA_{5000}, qui est le coefficient de polissage accéléré (CPA) mesuré au pendule britannique après 5000 passages d'un patin de polissage en caoutchouc, en utilisant de l'alumine (35 microns) comme abrasif. La dureté des minéraux a été mesurée au duromètre shore.

Des essais de polissage ont été réalisés pour onze échantillons de pierres et les résultats ont été comparés à ceux de essais de dureté shore. Les résultats suggèrent qu'une moyenne de la dureté shore et son coefficient de variation (CV) constituent tous les deux des facteurs pertinents d'évaluation de la susceptibilité au polissage des pierres. Sur la base de ces résultats, un taux de polissage, Y, défini comme une mesure de la susceptibilité au polissage, a été successivement mis en relation avec les deux facteurs mentionnés ci-dessus sous la forme d'une régression linéaire multiple qui peut être utilisée pour prédire la susceptibilité au polissage des pierres en laboratoire.

Une autre série d'essais de polissage a été réalisée pour déterminer les effets des constituants du liant asphaltique et des pierres sur les caractéristiques de polissage des mélanges bitumineux. Les résultats suggèrent que le facteur le plus important affectant les niveaux de polissage d'un mélange est la surface exposée des pierres à la surface de l'échantillon.

Un essai a été fait pour mettre en relation la valeur CPA_{5000} de diverses formulations de mélanges avec un taux d'exposition, E_t, défini comme une mesure de la surface exposée des pierres, dans la relation linéraire qui peut être utilisée pour évaluer le niveau de polissage de formules de mélanges bitumineux en laboratoire en ne mesurant que E_t.

ANALYSE NUMERIQUE DU MECANISME DE FROTTEMENT DES SURFACES ROUTIERES STRIEES

N. Purushothaman, B. S. Heaton et I. D. Moore

Le striage longitudinal ou transversal est une forme de traitement utilisée sur les revêtements en béton pour améliorer la résistance au dérapage. Des ouvrages dans la littérature ont avancé que le striage longitudinal fournissait une microtexture supplémentaire à la surface routière et par conséquent améliorait la résistance au dérapage et la stabilité directionnelle; par ailleurs, les stries transversales donnent un meilleur drainage et constituent un composant supplémentaire de frottement hystérétique par leur texture déformant le caoutchouc du pneu. Alors que de nombreuses études expérimentales ont été réalisées en ce qui concerne l'influence des stries sur la résistance au dérapage, peu de choses ont été faites pour expliquer théoriquement la nature du mécanisme de frottement des stries. La présente communication décrit une procédure tri-dimensionnelle visco-élastique basée sur les éléments finis, qui a été développée pour analyser le glissement du caoutchouc sur des stries transversales à égale distance les unes des autres. Un mécanisme de frottement pour une surface routière striée est proposé sur la base de l'analyse numérique et des valeurs de frottement mesurées en laboratoire au moyen du pendule britannique.

NOUVELLE GENERATION D'APPAREILS DE MESURE DE L'ADHERENCE POUR LES ANNEES QUATRE-VINGT-DIX

J. C. Wambold, W. E. Meyer et J. J. Henry

Les appareils de mesure de l'adhérence compatibles avec l'ASTM E 274 compatibles actuellement utilisés sont restés pratiquement inchangés depuis environ 20 ans. Alors que des améliorations ont été apportées progressivement, le principe de base est resté le même et les appareils mesurent toujours simplement le coefficient d'adhérence à 40 km/h (CA_{40}) d'une roue mouillée bloquée, soit avec le pneu à sculptures E 501 ou avec le pneu lisse E 524. Quelques chercheurs ont utilisé cette méthode pour montrer, en réalisant l'essai de la roue bloquée dans une gamme de vitesses avec le pneu E 501, qu'il existe une relation linéaire entre le logarithme de CA et la vitesse en miles par heure (V). La relation linéaire a été donnée en termes de deux constantes qui ne dépendent pas de la vitesse : l'ordonnée à l'origine (CA_o), et la pente normalisée exprimée en % (PNP) de sorte que le coefficient d'adhérence à n'importe quelle vitesse (CA (v)) est donné par CA_o fois e élevé à la puissance PNP divisé par 100 fois v. Il a également été démontré que CA_o et PNP sont en rapport avec la microtexture et la macrotexture de la route.

D'autres recherches ont été centrées sur l'utilisation du pneu E 524 car il paraît constituer une meilleure mesure de sites potentiels d'accident par temps de pluie, alors que d'autres ont montré que l'utilisation des deux pneus fournit encore plus d'informations, y compris la possibilité d'évaluer CA_o et PNP. Ces données n'indiquent donc pas seulement qu'une section présente un bon ou un mauvais coefficient d'adhérence, mais aussi que la macrotexture et/ou la microtexture sont en mauvais état.

La communication traite d'une étude visant à évaluer de nouvelles conceptions de remorques, incluant une partie ou l'ensemble des résultats mentionnés ci-dessus. Trois conceptions principales sont présentées, avec leur capacité de rendre CA_0, PNP et CA_{40}. Alors que de nombreux modèles ont été pris en considération, le choix a été ramené à trois sur la base d'un mini-essai préliminaire. Les trois méthodes comprennent deux nouvelles conceptions et une adaptation du système actuel. Une des méthodes utilise un pneu à sculpture et un pneu lisse, la seconde se base sur la seule mesure de la vitesse de la roue, pendant la réaccélération de la roue après déblocage, et utilise la montée de la vitesse de la roue (accélération angulaire de la roue) pour déterminer les forces de traction. La troisième méthode consiste en un essai de dérapage momentané pendant la décélération avant blocage. Les trois méthodes sont appelées méthode sculpture/lisse, méthode accélération et méthode décélération. La communication traite des trois méthodes en détail. En bref, il a été trouvé que les trois méthodes donnent de très bonnes prévisions du coefficient d'adhérence en fonction de la vitesse. L'appareil sculpture/lisse serait le plus coûteux, l'appareil de décélération ajouterait le coût de l'acquisition informatisée de données mais nécessiterait un équipement avec capteur de forces en traction et normales ou de couple et normales. La troisième méthode est non seulement plus simple mais aussi moins coûteuse que les appareils actuels. Enfin, toutes les trois fournissent une amélioration des données sur le frottement des chaussées.

ETUDE DES CONDITIONS D'ADHERENCE SUR PISTES D'AERODROMES

T. J. Yager

A l'aide d'avions B 737 et B 727 spécialement instrumentés de la NASA et de plusieurs appareils terrestres de mesure d'adhérence, des essais ont été effectués dans différentes conditions sur toute une série de surfaces de pistes d'aérodromes. Ces essais entrent dans le cadre d'un programme commun FAA/NASA (« Aircraft/Ground Vehicle Runway Friction Program ») visant à approfondir les connaissances sur la maniabilité des avions au sol dans des conditions atmosphériques défavorables et à définir les relations entre les mesures d'adhérence des pneus des avions et des véhicules terrestres. Les performances de freinage des avions sur pistes sèches, mouillées, enneigées et verglacées sont examinées, ainsi que les résultats d'essais d'adhérence exécutés avec des véhicules terrestres dans des conditions identiques. La corrélation entre les données d'adhérence obtenues avec les véhicules terrestres et les avions est dégagée pour un état de contamination donné de la surface d'une piste d'aérodrome. L'influence des paramètres expérimentaux importants sur les résultats des mesures — tels que la vitesse, les caractéristiques des pneus d'essai, le type et la quantité de contaminant, et la température ambiante — est examinée. L'effet du type de surface sur les niveaux d'adhérence sur piste mouillée est également évalué, à partir de données comparatives collectées sur des surfaces en béton strié ou non et en enrobés bitumineux.

MISE AU POINT D'UN INSTRUMENT SIMPLE POUR LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES ET L'EVALUATION PREVISIONNELLE DE LA QUALITE DE ROULEMENT

M. S. Janoff et G. F. Hayhoe

De nombreuses recherches ont été menées pour élaborer des relations entre des mesures physiques de l'uni des chaussées et les évaluations subjectives de la qualité de roulement.

L'instrument physique le plus précis pour la mesure de l'uni des chaussées s'est révélé être un profilomètre et les relations entre les mesures d'uni découlant des profils et les mesures subjectives de qualité de roulement présentent de manière typique des coefficients de corrélation bien au-dessus de 0,9 et sont valables sur une large gamme d'uni.

Quand des instruments plus simples de mesure de l'uni, tels que les RTRMS (systèmes de mesure de l'uni de type réponse), sont utilisés à la place du profilomètre, la précision et la validité de ces relations peuvent atteindre des niveaux médiocres, et l'utilisation de ces instruments plus simples peut conduire à de grandes erreurs dans la prévision de la qualité de roulement à partir de l'uni. Le problème sous-jacent est que les RTRMS ne répondent pas à la même gamme de fréquence d'uni que le profilomètre d'une part ou que les estimations humaines subjectives d'autre part. En fait, les RTRMS ne répondent typiquement qu'à des fréquences d'uni des chaussées allant jusqu'à 15 à 20 Hz, tandis que l'homme est sensible à des fréquences d'uni variant entre 10 et 50 Hz et que le profilomètre répond à des fréquences allant du continu à des fréquences bien supérieures à 50 Hz. Toutefois, l'utilisation du profilomètre est difficile et coûteuse et l'analyse des données des profils n'est pas triviale, spécialement en comparaison avec un RTRMS typique qui est relativement peu coûteux, simple à utiliser et fait appel à des techniques d'analyse simples.

Sur la base des résultats de recherches récentes, il est possible de mettre au point un instrument simple qui mesure le profil de l'uni dans une seule des frayées — au lieu de deux comme dans le cas du profilomètre — et qui calcule un indice d'uni qui est en corrélation étroite avec des estimations subjectives de la qualité de roulement, comme les indices dérivés du profil complet.

L'objectif de la présente communication est de résumer les résultats de la recherche qui ont conduit à la mise au point de cet instrument plus simple, de décrire la précision et la validité de cet instrument pour ce qui est de la mesure de l'uni des chaussées et de l'évaluation prévisionnelle de la qualité de roulement — y compris des comparaisons avec un profilomètre, et de présenter les spécifications actuelles pour sa conception.

Les principaux résultats montrent que : l'indice d'uni dérivé de l'instrument plus simple et l'indice dérivé du profil complet sont tous les deux en étroite corrélation avec les estimations subjectives de la qualité de roulement dans la même bande de fréquences; les transformations entre les indices d'uni dérivés aussi bien de l'instrument plus simple que du profil complet permettent des prévisions des estimations subjectives de la qualité de roulement avec la même précision et la même validité; l'instrument plus simple est beaucoup plus facile à utiliser et beaucoup moins coûteux, et l'analyse requise des données est nettement plus simple que celle du profilomètre. L'utilisation de cet instrument fournirait une méthode simple pour obtenir des données précises, valables et totalement comparables d'uni ou de qualité de roulement pour tous les usagers, sans qu'il soit nécessaire de mesurer le profil complet.

EQUIPEMENT ET METHODES DE MESURE ET D'EVALUATION DES CARACTERISTIQUES DE SURFACE DES ROUTES

P. G. Jordan

La communication décrit un équipement mis au point au TRRL pour mesurer le profil et le tracé en plan de surfaces routières à des vitesses normales de circulation. La mise au point de méthodes d'analyse pour l'interprétation des mesures réalisées avec cet instrument est également présentée et il est montré que la combinaison de l'équipement et des méthodes analytiques fournit un instrument de valeur pour la gestion efficace de l'entretien routier.

Il est largement reconnu qu'aucun paramètre unique ne fournit une description complète

de l'état d'une chaussée. Par conséquent, l'accent est de plus en plus mis sur l'élaboration de systèmes capables de mesurer un nombre suffisant de caractéristiques de surface pour définir la viabilité des chaussées. La machine mise au point au TRRL a été conçue pour mesurer simultanément le profil longitudinal, l'orniérage, la macrotexture et le tracé en plan, ces derniers paramètres étant inclus pour aider à établir des priorités entre des revêtements dégradés. Le principe de mesure, d'étalonnage et de fonctionnement de l'équipement est traité dans le contexte de son utilisation pour le contrôle de routine du réseau routier.

L'utilisation efficace de la machine pour l'obtention de données sur l'état de la chaussée nécessite un moyen judicieux de traiter, d'interpréter et de dépouiller les mesures pour fournir à l'ingénieur chargé de l'entretien des informations sur les sections à traiter en priorité.

La communication décrit un système de traitement automatisé qui intègre des critères, basés sur des recherches, pour l'interprétation des données relatives au profil, à l'orniérage et à la macrotexture. Il est en particulier question de l'utilisation de l'analyse d'orientation contenant le profil et l'orniérage en vue de la localisation de défauts structurels dans les revêtements routiers et, donc, de guider la mise en oeuvre d'un matériel plus coûteux pour évaluer la déflexion. La communication se termine par quelques exemples d'évaluations des caractéristiques de surfaces de routes, ponts et pistes d'aérodromes, extraites de plus de vingt mille kilomètres d'inspections réalisées avec cet équipement.

COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES VEHICULES SUR ROUTES A ORNIERES

T. Nakatsuji, T. Kaku, T. Fujiwara, T. Hagiwara et Y. Onodera

Les ornières des routes revêtues affectent la maniabilité des véhicules et sont parfois à l'origine d'accidents fatals. Actuellement, on ne connaît toutefois pas suffisamment bien la cause de cette manoeuvrabilité instable sur chaussée présentant des ornières.

La présente communication a pour but de fournir des informations sur le comportement mécanique d'un véhicule roulant sur une route à ornières.

Afin d'évaluer la stabilité et le contrôle d'un véhicule roulant sur une chaussée orniérée, nous avons réalisé divers essais de conduite à la fois sur chaussée à ornières et sur chaussée plane.

Sur la base d'analyses faisant appel aux valeurs efficaces (RMS) et au spectre évolutif, les conclusions suivantes ont été obtenues :

1. les valeurs efficaces pour un véhicule en mouvement sur une chaussée orniérée sont nettement supérieures à celles obtenues sur chaussée plane,
2. le pourcentage de basses fréquences : inférieures à 1 Hz joue un rôle important dans le comportement des véhicules sur route à ornières,
3. le guidage visuel par les ornières conduit occasionnellement à un roulement stable en ligne droite sur route à ornières,
4. plus les conditions de changement de bande sont sévères, plus l'interaction entre masses suspendues et non suspendues est grande.

ANALYSE DE L'UNI TRANSVERSAL PAR RAPPORT A LA SECURITE DE LA CIRCULATION

J. Kamplade

Le besoin de mesurer et d'évaluer les défauts d'uni transversal (principalement pour la recherche se rapportant au risque d'accident dans des conditions humides, mais aussi dans

l'objectif de l'entretien des chaussées) a conduit à la mise au point d'un système mobile de mesure pour le relevé et l'analyse de haute précision de profils transversaux de surfaces routières à ornières. Ce véhicule de mesure s'arrête pendant environ une minute pour chaque mesure de profil. La référence du profil par rapport à l'horizontale est établie automatiquement et les mouvements éventuels de la carrosserie du véhicule pendant le relevé effectif du profil, qui dure 20 secondes, sont compensés par calcul exact.

Le traitement de différentes valeurs caractéristiques et le dessin des profils normalisés se font parallèlement aux mesures consécutives in situ. Les valeurs caractéristiques calculées sont par exemple : les profondeurs maximum des ornières, la profondeur théorique maximum et moyenne de l'eau dans les ornières, la pente transversale moyenne, la pente maximale des flancs de l'ornière, le volume des ornières, l'écart type des différences verticales des défauts de l'uni transversal, la pente longitudinale (surtout important dans les zones de transition).

Le dispositif de mesure est utilisé en grande partie pour différents projets de recherche. Les mesures sont également nécessaires pour les administrations routières afin de disposer de meilleures informations sur l'état et la croissance de l'orniérage sur leurs routes, et de pouvoir faire de meilleures planifications budgétaires, d'améliorer les techniques de restauration de l'uni transversal et de contrôler le succès et la durabilité des dispositions et méthodes d'entretien.

Des recherches sont en cours pour quantifier l'influence des défauts de l'uni transversal sur les accidents de circulation autoroutiers dans des conditions humides et dans des conditions sèches. Quelque 4000 profils transversaux ainsi que des données sur plus de 10 000 accidents ont été rassemblés à cet effet et sont actuellement en traitement. L'analyse et la combinaison des données prennent différents paramètres en considération, comme par exemple les zones de changement de pente transversale et autres zones, l'état des propriétés de frottement de la surface de la route et l'évaluation des défauts de l'uni transversal par différentes valeurs caractéristiques.

Les résultats seront disponibles à la fin 1987 et seront discutés dans la communication finale.

EVALUATION DE L'UNI DE SURFACE ET PRESCRIPTIONS POUR LES CHAUSSEES SOUPLES

W. Uddin, W. R. Hudson et G. Elkins

La qualité de l'uni d'une route nouvellement construite ou d'un renforcement dicte le début d'une gestion routière. Des procédures adéquates d'essais de réception, ainsi que des prescriptions pour l'uni des chaussées faisaient défaut, particulièrement pour les chaussées souples. Les spécifications en matière d'uni basées sur une règle de 3,05 m (10 pieds) présentent un certain nombre de limitations et sont difficiles à interpréter et à appliquer. La présente communication décrit les résultats d'une étude complète, de plusieurs appareils de mesure d'uni différents, réalisée dans le but de sélectionner un appareil adéquat en vue d'élaborer et de mettre en application des prescriptions améliorées pour l'uni des chaussées. Les appareils suivants ont été examinés : 690 D Profilometer, Model 8300 Roughness Surveyor, Maysmeter, California Profilograph et Rainhart Profilograph.

Dans cette étude, le 690 D Profilometer est arrivé au premier rang au niveau des performances globales. La communication décrit les avantages et inconvénients de chaque type d'équipement par rapport à son utilisation pour la mesure de l'uni de surface et pour la réalisation d'essais de réception de chaussées neuves et de renforcements. Les résultats sont utiles à tout gestionnaire désireux d'améliorer les procédures de mesure d'uni et d'essai de réception.

UN NOUVEL APPAREIL NORVEGIEN POUR LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES

P. M. Noss

La mise au point d'un nouvel appareil norvégien pour mesurer les défauts d'uni des chaussées a commencé en 1985. Un prototype vient d'être achevé. Des essais montrent que les profils longitudinaux relevés à l'aide de cet appareil répondent aux exigences de qualité imposées aux profilomètres de la « classe 1, » c-à-d conformes aux normes les plus sévères quant à la précision de mesure de l'Indice international de l'Uni (IRI).

Le profil longitudinal est donné sous la forme de niveaux relevés tous les 25 cm dans la frayée examinée, et différents critères d'uni des chaussées peuvent être calculés à partir de ce profil. En février 1988, on a achevé le logiciel nécessaire au calcul de l'IRI selon le mode décrit par la Banque Mondiale. En outre, il est possible de représenter des valeurs calculées de dénivellations à la règle sous la forme d'un histogramme, et ceci pour toute longueur de section choisie par l'opérateur.

Les mesures sont indépendantes de la vitesse d'avancement, et l'étalonnage de l'appareil est très simple. La production d'une première série d'appareils a débuté en 1988; ils seront utilisés tant pour des études détaillées de sections expérimentales que pour des mesures systématiques sur le réseau routier en Norvège.

PERTE DE CONTROLE DES VEHICULES DUE A L'ETAT DU BORD DE LA CHAUSSEE ET DE L'ACCOTEMENT

D. L. Ivey, H. E. Ross, Jr., D. L. Sicking et C. C. MacAdam

La présente communication décrit une analyse de la stabilité d'un tracteur semi-remorque lors du passage sur les bords des chaussées. L'influence du frottement disponible sur les bandes les plus circulées des chaussées et sur l'accotement fait également partie de l'analyse.

Les informations publiées depuis 1976 jusqu'à présent sont utilisées avec le programme de simulation des camions, phase 4,* pour étudier la réponse de tracteurs semi-remorques à l'état des bords de chaussées et pour illustrer six réponses différentes qu'un véhicule peut présenter.

Ces états des bords des chaussées sont évalués pour comparer la sécurité des tracteurs semi-remorques avec celle des automobiles. De cette manière, des conditions spécifiques sont identifées où des problèmes de contrôle deviennent significatifs et où la perte de contrôle est inévitable.

*La phase 4 a été développée par l'University of Michigan's Transportation Research Institute sur une période d'environ 15 ans. Elle est basée sur la phase 2 et T 3DRS : V1. La mise au point de ces programmes a été financée respectivement par la Motor Vehicle Manufacturers Association (MVMA) et la Federal Highway Administration. La mise au point finale de la phase 4 a été financée par la MVMA.

PREVISION DES QUALITES DE ROULEMENT A PARTIR DE MESURES DE PROFIL DE L'UNI DES CHAUSSEES

M. S. Janoff

La présente communication résume les résultats obtenus dans cinq états différents où les profils ont été utilisés pour développer des fonctions de transfert qui prédisent la viabilité à partir de l'uni des chaussées. Les cinq fonctions relatives aux états individuels sont très similaires et présentent une précision et une validité similaire. Par conséquent, une fonction dérivée des données combinées des cinq états ensemble permet de prédire la viabilité avec précision à partir de mesures d'uni de profils dans n'importe lequel des cinq états.

La fonction résultante s'applique aux surfaces bitumineuses, en béton de ciment Portland et composites, ainsi qu'aux trois types combinés, et tant aux routes inter-états qu'aux autres classes de route. L'utilisation de cette fonction procure une méthode efficace et précise pour la détermination de la viabilité de surface de chaussées à partir de mesures physiques de l'uni des chaussées. Cette fonction fournit une base pour un système de mesure et de présentation des résultats totalement comparables d'uni et de viabilité, pouvant également être utilisées pour aider les agences routières à déterminer quand des chaussées existantes devraient être réparées et à évaluer des routes nouvellement construites.

QUELQUES CARACTERISTIQUES DE SURFACE DES ROUTES NON REVETUES

P. Paige-Green

Une étude approfondie sur les performances des matériaux utilisés dans les couches d'usure des routes non revêtues s'est terminée récemment en Afrique du Sud. Elle comprenait le contrôle de routine de 110 sections sélectionnées de routes non revêtues couvrant tout un éventail de types de matériaux, de régimes climatiques, de volumes de trafic et de géométries routières. Le contrôle portait sur la mesure de l'uni, la perte de matériaux, la tôle ondulée, l'orniérage et une description de routine de l'état de surface. Cette communication décrit les résultats et conclusions des recherches concernant l'uni, la perte de matériaux et la glissance.

L'uni des sections a été mesuré en moyenne toutes les trois semaines en utilisant des véhicules équipés d'intégrateurs de déplacement linéaire. En tout, quelque 10 000 mesures ont été obtenues et analysées pour la prévision de l'uni. Ces résultats ont été comparés à ceux d'études réalisées antérieurement au Kenya et au Brésil. Un problème majeur lié aux travaux antérieurs concernant la prévision de l'uni est qu'aucun des modèles existants ne tient compte de l'effet important des matériaux trop gros.

Le rechargement d'une route non revêtue constitue le poste le plus coûteux en matière d'entretien des routes non revêtues. Il est par conséquent important de pouvoir prédire la durée de vie probable d'une route proposée ou sélectionner le matériau qui disparaîtra moins rapidement que les autres options possibles. Les méthodes existantes pour la prévision des pertes de matériaux ne permettent pas de prédire avec précision la durée de vie d'une route proposée en Afrique du Sud. Toutes ces méthodes existantes ont en effet été développées dans des milieux tropicaux et l'un des buts de cette étude était de voir si les relations tropicales étaient applicables aux environnements subtropicaux et arides.

Une étude de la glissance des sections a également été réalisée en effectuant des essais de freinage et en mesurant la décélération. La sélection des matériaux de la couche de

roulement penche en faveur des matériaux présentant une faible plasticité en vue de réduire la glissance éventuelle, spécialement dans des conditions humides. Ceci entraîne l'exclusion de nombreux graveleux qui peuvent être bons. L'étude de la glissance a montré que la plupart des matériaux présentent une efficacité de moitié, par rapport aux routes revêtues, à la décélération des véhicules. Même dans des conditions humides, la glissance n'est pas réduite de manière significative, à moins qu'il n'y ait stagnation d'eau libre sur la chaussée.

ETALONNAGE DES SYSTEMES MAYS RIDE METER DU DEPARTEMENT DES ROUTES DU KENTUCKY

E. B. Spangler, R. L. Rizenbergs, J. L. Burchett et D. C. Robinson

Le National Bureau of Standards (NBS), le Commonwealth of Kentucky Department of Highways (DOH) et Surface Dynamics, Inc. se sont associés dans un projet du Commonwealth of Kentucky pour étalonner cinq systèmes Mays Ride Meter montés sur véhicule du Kentucky DOH. Dans ce projet, un système de profilomètre inertiel exploité par le NBS a été utilisé pour mesurer les profils en hauteur de sections routières expérimentales sélectionnées. Les profils en hauteur mesurés ont été utilisés pour calculer les valeurs standard de l'indice Mays Ride Meter pour chaque section expérimentale. Les valeurs standard ainsi calculées de l'indice Mays Ride Meter ont ensuite été utilisées comme valeurs de référence pour l'étalonnage des systèmes Mays Ride Meter effectifs du Kentucky DOH.

Le profilomètre a d'abord été utilisé pour sélectionner des sections routières expérimentales convenant pour l'étalonnage. Le processus de choix des sections a comporté suffisamment de passages répétés pour établir une valeur moyenne standard de l'indice Mays Ride Meter pour chaque section et un écart-type par rapport à cette moyenne pour les passages répétés. Six sections, présentant des valeurs standard d'indice Mays Ride Meter souhaitées de faibles écarts-types, ont été sélectionnées pour les essais d'étalonnage.

Les cinq systèmes Mays Ride Meter du Kentucky DOH sont ensuite passés un nombre suffisant de fois sur les sections experimentales sélectionnées pour déterminer une valeur moyenne mesurée de l'indice Mays Ride Meter et un écart-type par rapport à la valeur moyenne mesurée pour chaque système Mays Ride Meter sur chaque section expérimentale.

Les données obtenues avec le profilomètre et avec les cinq systèmes Mays Ride Meter du Kentucky DOH ont ensuite été utilisées pour développer une équation d'étalonnage et l'écart-type attendu pour chacun des systèmes Mays Ride Meter. Les équations d'étalonnage résultantes seront utilisées par le Kentucky DOH pour calculer les valeurs standard de l'indice Mays Ride Meter pour chaque système individuel.

MESURES A GRAND RENDEMENT POUR LA PROGRAMMATION ET LE CONTROLE DE L'ENTRETIEN DES CARACTERISTIQUES DE SURFACE: SYSTEMES OPERATIONNELS APPLIQUES SUR LES AUTOROUTES ITALIENNES

G. Camomilla, M. Malgarini et G. Peroni

Le maintien de l'adhérence des chaussées dépend des points suivants : conditions géométriques de la route (lignes droites, courbes, pentes, etc.); conditions météorologiques (surfaces humides ou sèches, etc.); état du véhicule (condition des freins, pneus, etc.).

Le texte fait état des critères adoptés dans l'établissement des valeurs limites les plus probables liées aux diverses caractéristiques en gestion, tont en tenant compte à la fois des critères de gestion économique.

Les mesures d'adhérence, avec les indices de confort de roulement servent donc deux objectifs : (1) en construction ou entretien de chaussées, ils servent de moyen de contrôle de qualité; les chaussées sont considérées avoir été mises en oeuvre convenablement lorsque certaines caractéristiques correspondent à des critères de réception pré-établis; et (2) dans les opérations de routine, ils servent à localiser les zones qui nécessitent une intervention spéciale pour la restauration de l'adhérence et de l'uni tout en tenant compte, dans des zones critiques, du problème du bruit, auquel une attention croissante est accordée en Europe.

Ces exigences ont été consignées dans les prescriptions des cahiers de charges adoptés pour le réseau autoroutier IRI-ITALSTAT et s'accompagnent d'amendes en cas de non-respect de ces normes. De même, des essais de contrôle de qualité ont été mis au point pour évaluer l'évolution de la résistance au dérapage dans le temps sur des matériaux composites prélevés de revêtements routiers réels (essais de polissage accéléré de granulats avec la roue britannique, pour les mesures des matériaux composants).

La méthodologie déjà présentée et proposée pour le réseau autoroutier italien, basée sur du matériel d'auscultation à grande vitesse comme l'ARAN III, l'APL, le SUMMS (Survey Machine for Macrotexture and Skid, qui dérive du SCRIM) devrait assurer des chaussées durables, sûres et confortables obtenues à des coûts optimaux.

RESISTANCE A LA DETERIORATION SUPERFICIELLE DES CHAUSSEES EN BETON

T. F. Fwa et P. Paramasivam

Il s'avère que la détérioration superficielle a considérablement réduit la durée de vie utile de nombreuses routes en béton à Singapour. La présente communication décrit la mise au point d'un essai au tambour rotatif pour évaluer la résistance relative à la détérioration superficielle de différents matériaux de chaussées en béton. Les observations expérimentales ont indiqué qu'une simulation satisfaisante du processus de détérioration in situ était atteinte. L'accent du programme d'essai est placé sur la défaillance initiale critique de la surface de la chaussée qui affecte sérieusement la viabilité de la chaussée. La méthode d'essai s'est avérée sensible à la variation des propriétés des matériaux testés. Ces résultats des essais ont montré que le comportement superficiel des chaussées en béton peut être amélioré en réduisant le rapport eau-ciment, en sélectionnant judicieusement la granulométrie des agrégats fins, ou en ajoutant des fibres d'acier.

ERREURS DANS LES DONNEES AUTOMATISEES SUR L'ETAT DE SURFACE DES CHAUSSEES ET LEURS EFFETS SUR LES DECISIONS DE GESTION

F. Humplick et S. McNeil

L'analyse exhaustive l'état des infrastructures nécessite l'inspection continuelle de l'état de surface des routes pour évaluer les performances de ces routes et prendre les décisions de gestion qui s'y rapportent. Typiquement, ceci demande une collecte intensive de données pendant de courtes périodes, pour faire des prévisions à long terme. Des techniques de traitement d'images ont été développées pour obtenir des données visuelles rapidement et

efficacement. Le processus d'automatisation crée de grandes quantités de données, dont la plupart sont supprimées pendant le traitement pour mettre en valeur les caractéristiques les plus importantes.

Le processus de gestion des infrastructures a recours aux résultats de mesure de ces techniques automatisées pour les prévisions et les prises de décision. Ce processus est très sensible à la précision des mesures et à la perte continuelle de précision à chaque stade du traitement. Dans le passé, cette perte de précision a la plupart du temps été ignorée dans les processus de gestion.

La présente communication décrit des techniques d'estimation d'erreur pour les processus automatisés de collecte de données de prise d'images, le traitement et l'entrée subjective. Ces techniques d'estimation de la précision peuvent être utilisées pour évaluer la quantité de données nécessaire, la qualité appropriée des données et la fréquence de collecte des données. Pour terminer, cette analyse peut être intégrée dans le processus de gestion des infrastructures comme système de prévision des erreurs pour aider à l'estimation et à la prévision des performances des routes, des dépenses en matière d'entretien et de réparation, et pour recommander ou sélectionner les technologies de collecte des données.

MESURES ET CRITERES, ELEMENTS ESSENTIELS POUR LA GESTION DES CHAUSSEES

R. Jordens et B. de Wit

L'état réel de la surface de la chaussée est évalué à l'aide de mesures et d'inspections visuelles. Les valeurs des mesures et les résultats des inspections sont comparés à des normes et critères fixés. En confrontant les résultats aux critères et en connaissant l'évolution de ces caractéristiques dans le temps, il sera possible de créer un planning de remise en état.

Les normes et critères sont par exemple aussi confrontés aux souhaits de la communauté en matière de sécurité et de confort.

Cette contribution explique comment au cours de ces dernières années nous avons travaillé aux Pays-Bas à l'établissement de critères pour la gestion des routes, comment l'acquisition de données au niveau du réseau a été réalisée et comment diverses méthodes ont été soigneusement développées et réglementées.

PRINCIPES THEORIQUES, METHODES ET EQUIPEMENTS DE MESURE DE L'ETAT DES CHAUSSEES EN VUE DE LEUR GESTION

M. Procházka, O. Kropáč, J. Sprinc et F. Lehovec

L'approche probabiliste de la mesure d'uni est basée sur un système de relations dérivé de la dynamique des véhicules, c'est-à-dire de considérations complexes du système compact route-véhicule selon lesquelles les caractéristiques pertinentes des deux sous-systèmes devraient être résolues de manière à satisfaire des critères judicieusement choisis d'optimisation, englobant les caractéristiques des deux sous-systèmes.

Le système d'équations de base comprend la caractéristique globale du transfert dynamique de la surface de la chaussée au centre de gravité du véhicule et/ou de l'appareil de mesure, la caractéristique numérique de l'uni du revêtement et la vitesse d'avancement du véhicule et/ou du système de mesure. L'estimation expérimentale de ces caractéristiques est basée sur le traitement statistique des données relatives au profil vertical et fournit une évaluation du spectre de densité de puissance donnant la caractéristique d'uni.

L'appareil de mesure est un système de type réponse appelé Système de Mesure Dynamique SMD qui peut être classé comme modèle HMD et qui permet l'évaluation systématique du réseau routier.

Afin de permettre l'introduction d'une classification des véhicules en catégories et d'établir les niveaux de qualité des routes, il est nécessaire d'évaluer les deux caractéristiques mentionnées ci-dessus.

La méthodologie développée à cet égard repose sur le système de base des relations. Des détails de l'estimation des deux caractéristiques seront donnés dans la communication.

L'équipement de mesure du frottement est la remorque dynamométrique. Il en existe deux types. Le matériel annexe est monté sur le type CVVL pour mesurer le coefficient de frottement transversal à des angles allant jusqu'à 15 degrés. Un nouvel appareillage est en développement pour la mesure du coefficient de frottement transversal à des angles de 10, 15, et 20 degrés.

La référence entre les conditions de la chaussée, l'uni et le frottement supposés être des fonctions aléatoires résolues du point de vue de la dynamique du véhicule, conduit à des relations compliquées.

Une première approche mathématique du simple modèle phénoménologique d'adhérence et de glissance à vitesse constante indique qu'il y a lieu de discerner trois cas :

1. faible vitesse des véhicules et petites irrégularités du revêtement : les forces normales peuvent être considérées comme constantes et les forces de résistance au dérapage sont les fonctions aléatoires de distribution normale et de valeur moyenne $E_T = E_f \cdot N_1$,
2. vitesses ordinaires ou moyennes et taux d'irrégularités plus élevé : les forces normales aléatoires peuvent être décrites par un processus aléatoire stationnaire de distribution normale et de valeur moyenne $E_N = M \cdot g$,
3. vitesses élevées et le plus grand taux d'irrégularités de la chaussée : la variabilité aléatoire du coefficient de frottement peut être négligée et les forces de résistance au dérapage auront à nouveau la distribution normale et la valeur moyenne E_f.

Il n'est pas évident que dans le second cas, rencontré très souvent dans la circulation réelle, les valeurs effectives de la résistance au dérapage ne soient pas indépendantes de l'uni de la chaussée.

Ces phénomènes vont dans le sens d'une proposition pour des méthodes de mesure sans contact des macrotextures de chaussées.

IMPACT DES CHARGES DYNAMIQUES DES ESSIEUX ENGENDREES PAR L'UNI SUR LA DEGRADATION ET LES PERFORMANCES DES CHAUSSEES SOUPLES

A. T. Papagiannakis, R. C. G. Haas, J. H. F. Woodrooffe et P. A. Leblanc

La présente étude traite de l'impact des charges dynamiques engendrées par l'uni sur la dégradation et les performances des chaussées souples. Elle comprend des mesures in situ des charges dynamiques des essieux réalisées à l'aide d'un véhicule équipé d'instruments mis au point par le National Research Council canadien dans le cadre de l'Etude des poids et dimensions de l'Association des routes et transports du Canada. La dégradation et les performances sont modélisé en utilisant une version modifiée du modèle VESYS-III-A de la FHWA.

Les écarts types mesurés des charges dynamiques variaient entre 8 kN et 42 kN, d'après la vitesse du véhicule, l'uni de la chaussée et le type de suspension (les valeurs correspondantes des charges statiques étaient approximativement de 205 kN). Il a été conclu que pour des vitesses des véhicules supérieures à 40 km/h, la suspension de caoutchouc produit des charges dynamiques nettement plus importantes que la suspension pneumatique. En outre, les formes des ondes des charges dynamiques obtenues à partir d'essais reproduits se sont avérées répétitives dans l'espace. Bien qu'il soit clair que cette condition de charge ne corresponde pas au cas des chaussées sous trafic, elle était typique de la sollicitation rencontrée, sur les sections routières expérimentales AASHO. Par conséquent, ces dernières sont considérées comme non représentatives en ce qui concerne l'impact des charges dynamiques.

Une méthode est décrite pour la modélisation de l'impact des charges dynamiques répétitives dans l'espace telles que rencontrées sur des sections routières expérimentales AASHO. Dix sections ont été analysées, parmi lesquelles six ont développé un mauvais uni au cours de leur durée de vie. La méthodologie a amélioré considérablement la précision des prévisions des performances pour quatre des six sections à mauvais uni. Une autre partie de l'étude a examiné l'impact du type de suspension sur les performances de la chaussée dans l'hypothèse d'une application aléatoire des charges dynamiques. Les prévisions des performances ont été comparées pour les deux suspensions sur la base des surfaces relatives sous les courbes de performance. Pour ce qui est de la charge statique, les dégâts supplémentaires causés avec la suspension de finale étaient de 17% et 22% pour des valeurs de viabilité terminale égales respectivement à 2,0 points et 2,5 points. Les valeurs correspondantes pour la suspension pneumatique étaient respectivement de 6% et 8%.

INFLUENCE DE LA SURFACE ROUTIERE SUR LA RESISTANCE AU ROULEMENT DES PNEUS

G. Descornet

Une remorque originale (« quart de véhicule ») a été conçue et construite au Centre de recherches routières belge pour mesurer la résistance au roulement d'un pneu de référence sur la route. Sa conception et ses performances sont brièvement présentées. Elle a été utilisée pour étudier l'influence des caractéristiques de surface d'une route sur la résistance au roulement subie par le pneu d'une voiture. Sur une large gamme de types et conditions de surfaces sur routes revêtues, le coefficient de résistance au roulement varie entre 0,013 et 0,021. En termes de consommation de carburant, cela se traduit par une influence relative de 9% de la surface de la route. Compte tenu du coefficient de résistance au roulement intrinsèque du pneu (0.010) mesuré sur une piste d'essai particulièrement lisse et plane, la plus mauvaise surface routière peut doubler la résistance au roulement. Il a été trouvé que le principal facteur d'influence lié à la surface est constitué par les irrégularités du profil dans une gamme de longueurs d'ondes variant entre macro-texture et défaut d'uni, ce qui correspond à la mégatexture (50 mm < longueurs d'ondes < 500 mm) dont on avait déjà constaté qu'elle était responsable du bruit de contact pneu/revêtement.

INFLUENCE DE L'UNI DES SURFACES ROUTIERES SUR LES COUTS D'EXPLOITATION DES VEHICULES : EVIDENCE EMANANT DES PAYS EN DEVELOPPEMENT

R. Harrison

Les techniques d'évaluation des chaussées étaient connues des auteurs de projets et des ingénieurs à la fin des années 50 et l'impact économique d'un certain nombre de variables de dimensionnement a pu être évalué après que Winfrey (1963) publia son ouvrage qui fit école en matière de coûts d'utilisation des véhicules. L'étude de la banque mondiale sur la quantification des coûts d'exploitation des véhicules (de Weille, 1966) a utilisé Winfrey comme source principale tout en reconnaissant qu'il était improbable que les données des Etats-Unis fussent applicables à d'autres environnements. Ce fait, ainsi que le besoin pressant de mettre les coûts d'exploitation des véhicules en relation avec l'état de surface des routes, ont conduit la banque mondiale à entamer une longue période de recherche internationale, de 1972 à 1986, sur la mesure et la transférabilité des coûts d'utilisation des véhicules. Dans ce cadre, des études ont été réalisées au Kenya (Hide et al., 1975), aux Caraibes (Hide, 1982), au Brésil (GEIPOT, 1982) et en Inde (CRRI, 1982). Les coûts d'exploitation des véhicules découlant de ces études seront rapportés à des unités ordinaires d'uni de surfaces routières, et les résultats seront comparés et évalués dans une publication prochaine de la Banque Mondiale (Chester et Harrison, 1987). Cet ouvrage comprend des prévisions concernant la vitesse, les coûts de carburant et de pneus, émanant de données brésiliennes et basées sur un modèle mécanique (Watanatada et al., 1987). La dégradation des chaussées a été étudiée dans deux des projets, Kenya (Hodges et al., 1975) et Brésil (GEIPOT, 1982) et ces résultats ainsi que d'autres seront présentés dans un autre ouvrage à paraître (Paterson, 1987). Les relations entre les coûts d'exploitation des véhicules et la dégradation des chaussées sont disponibles pour une utilisation sélective dans les systèmes de gestion des chaussées, bien qu'elles soient généralement admises dans des modèles pour le dimensionnement des chaussées et pour les investissements en matière d'entretien, par exemple : Banque Mondiale (HDM, 1977; 1985), TRRL en Grande-Bretagne (RTIM, 1975; 1982) et GEIPOT au Brésil (MTC, 1984).

La communication examinera les données internationales rapportées récemment sur les relations entre l'uni des surfaces routières et les coûts d'exploitation des véhicules en termes de gestion et de besoins d'entretien des chaussées. Elle dressera d'abord un bref historique de l'étude et de l'utilisation des relations liées aux coûts d'exploitation des véhicules au cours des 15 dernières années. Elle caractérisera ensuite la recherche réalisée depuis 1972: (1) identification de l'usage d'appareils de mesure d'uni de surfaces routières, (2) enquête à grande échelle auprès d'afilisateurs de véhicules sur itinéraires aux caractéristiques connues pour l'estimation des composants non relatifs au carburant, (3) procédures statistiques améliorées pour évaluer les relations, (4) incorporation des résultats dans des modèles informatiques, et (5) réalisation de modèles utilisables dans une variété d'environnements sans devoir faire d'investissement pour adapter ces modèles aux conditions locales. La section suivante traitera en bref des composantes individuelles (carburant, pneus, pièces de rechange, amortissement) provenant des diverses études et comparera les niveaux prévisionnels. De plus, d'autres données provenant de Bolivie, d'Afrique du Sud, de Nouvelle Zélande et du Texas seront utilisées où il convient. La section suivante prendra ces postes de coût individuels et les assemblera pour former les coûts d'exploitation globaux puisque ce sont ceux qui décident des stratégies préférées dans les modèles d'évaluation. La section finale identifiera les recherches futures en termes de nouvelles sources de données, de techniques

d'étalonnage pour les modèles existants (spécialement HDM et RTIM2) et la structure probable de nouveaux modèles.

INFLUENCE DE LA RUGOSITE DE LA SURFACE ROUTIERE SUR LA GENERATION DU BRUIT DE CONTACT PNEU/ROUTE

S. Huschek

La surface de la route est comme un reflet de l'ensemble de la structure de la route; l'usager ne voit, ne sent et n'entend rien d'autre que les effets des propritétés superficielles. C'est pourquoi l'optimisation des propriétés superficielles de la route constitue une des demandes les plus importantes et par conséquent un sujet de recherche central. La relation entre la rugosité de la surface de la route et la génération de bruit de roulement, ainsi que les propriétés d'absorption acoustique sont traitées en détail.

Les couches d'usure à haute teneur en vides — appelées enrobés drainants — se sont avérées particulièrement avantageuses à cet égard.

Deux méthodes sont utilisées pour mesurer le bruit pneu/revêtement.

1. La méthode de la remorque.

Le bruit pneu/revêtement est mesuré à l'aide de 3 microphones montés sur une remorque spéciale. La mesure est donc fondamentalement indépendante des conditions ambiantes telles que l'écoulement d'air et le bruit provenant de l'extérieur. A quelques restrictions près la mesure peut être réalisée dans des conditions normales de circulation.

2. ISO 362 — Mesure du bruit émis par les véhicules.

Moyennant quelques modifications, cette méthode peut également être utilisée pour évaluer le bruit pneu/revêtement.

L'influence des caractéristiques de surface suivantes sur le bruit des pneus est expliquée: macrotexture, teneur en vides (vides ouverts), perméabilité et absorption acoustique dans la couche d'usure.

Il est montré qu'il est possible d'optimiser la texture superficielle des routes en ce qui concerne l'adhérence et le bruit de contact pneu/revêtement.

La communication est basée sur des expériences et des recherches récentes effectuées en République Fédérale d'Allemagne.

VALEUR DE RESISTANCE AU DERAPAGE SUR SURFACE ENNEIGEE OU VERGLACEE

T. Hagiwara, Y. Onodera, T. Fujiwara, T. Nakatsuji et T. Kaku

La résistance au dérapage sur chaussées enneigées et verglacées est nettement inférieure à celle sur chaussées dégagées. De ce fait, il peut être établi que les accidents sont étroitement liés au dérapage dans de nombreux cas. Nous avons étudié l'état des routes, la valeur de résistance au dérapage, et leur relation par rapport aux taux d'accidents de la circulation en hiver. Un modèle qui évalue le nombre de jours où les routes présentent un état glissant a été construit. Le nombre de jours par mois où les routes présentaient un état glissant en 1982, 1983 et 1984 a été calculé en utilisant ce modèle. Nous avons réalisé des mesures de la valeur de résistance au dérapage sur des surfaces routières glissantes à Hokkaido. Les mesures portent approximativement sur 5000 essais individuels de dérapage sur des surfaces routières glissantes. Un modèle prévisionnel du taux d'accidents en hiver a été mis au point

à partir de l'état de la route et des conditions météorologiques. Il est supposé que les routes peuvent ne pas être enneigées en hiver et un nombre réduit d'accident est considéré dans ce cas.

INFLUENCE DE L'UNI ET DE LA MACROTEXTURE DES SURFACES ROUTIERES SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT DES VEHICULES

R. Laganier et J. Lucas

La consommation de carburant a fait l'objet d'importantes recherches de la part des constructeurs de véhicules et de pneus. Les facteurs d'influence étudiés avaient spécialement affaire aux caractéristiques des véhicules et des pneus et seulement rarement aux caractéristiques des chaussées.

C'est pour cette raison que le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (France) a mis au point une analyse spécifique permettant de mieux déterminer l'influence des caractéristiques géométriques usuelles des surfaces routières sur la consommation de carburant.

1. Les surfaces sélectionnées pour l'étude comprenaient :
   a. Des surfaces routières en service, correspondant à des routes revêtues présentant des caractéristiques globales moyennes à excellentes.
   b. Des surfaces spéciales sur pistes d'essai.
   c. Des surfaces « simulées » sur banc vibrant.

   Ces différentes surfaces ont été caractérisées sur la base de critères routiers usuels pour l'uni et la macrotexture.
2. Les méthodes de mesure de la consommation de carburant ont été adaptées selon la surface :
   a. Consommation de carburant réelle sur route et piste.
   b. Résistance au roulement par mesure directe sur route et piste.
   c. Distance de décélération sur piste.
   d. Pertes d'énergie sur banc vibrant.

   Les résultats des différentes méthodes ont été transformés en « consommation de carburant. » Les précautions d'usage, bien connues des spécialistes, ont bien entendu été prise en ce qui concerne ces mesures.
3. Certaines suppositions ont été nécessaires pour l'analyse des résultats en termes routiers :
   a. Les défauts d'uni et de macrotexture ont pour effet une augmentation de la consommation, par rapport à une surface plane lisse. Cette différence est appelée « surconsommation. »
   b. Pour les niveaux choisis d'uni et de macrotexture de la chaussée (qui sont « bons »), il est tenu compte de l'effet cumulé indépendant de la surconsommation liée à l'uni et de la surconsommation liée la macrotexture.

   La consommation nominale du véhicule était de 6 litres/100 km et la vitesse de référence de 80 km/h.
4. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :
   a. Entre un revêtement présentant un uni excellent et un revêtement présentant un uni médiocre, la surconsommation peut atteindre 0,2 litre/100 km.
   b. Entre un revêtement lisse et un revêtement à macrotexture marquée, la surconsommation peut atteindre 0,2 litre/100 km.

   Il y a lieu de noter la bonne concordance entre les résultats des différentes méthodes d'analyse utilisées.

L'application de ces conclusions nécessite toutefois certaines précautions. La macrotexture constitue un élément important de la sécurité et de l'adhérence des chaussées. Les techniques habituelles d'entretien économique (enduits superficiels) renforcent la macrotexture sans améliorer l'uni, tandis que les techniques plus coûteuses (mélanges bitumineux de 4 à 8 cm) améliorent l'uni et réduisent la macrotexture. Du point de vue de la seule consommation, ces techniques de mélanges bitumineux épais seraient ce qu'il y a de mieux, tout en étant incontestablement compatibles avec la sécurité grâce à l'amélioration de l'uni et à la réduction des mouvements dynamiques des véhicules. D'autre part, les nouvelles couches bitumineuses minces (1 à 2 cm) n'améliorent pas l'uni, et par conséquent ne réduisent pas les mouvements dynamiques, et n'améliorent pas non plus l'adhérence : de toute évidence, ils ne correspondent pas à l'optimum souhaité.

La conclusion essentielle était toutefois la relation entre les effets de l'uni et de la macrotexture d'une part et les autres éléments importants pour la surconsommation d'autre part, tels que le tracé de la route, la coordination de la circulation en milieu urbain, le comportement individuel du conducteur, etc.

Finalement, les effets liés à la macrotexture et à l'uni réclament des modèles de gestion routière prenant ces paramètres en considération.

INFLUENCE DE LA MACROTEXTURE ET DE LA MEGATEXTURE DES ROUTES SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT DES VEHICULES

U. S. I. Sandberg

Une étude a été réalisée avec une voiture Volvo 242 spécialement équipée, roulant à des vitesses de 50, 60, et 70 km/h sur 20 surfaces routières de texture différente. La macrotexture et la mégatexture ainsi que les longueurs d'onde plus courtes de défaut d'uni ont été mesurées au moyen d'un profilomètre mobile à laser dont le signal a été analysé pour obtenir le spectre du profil de la texture pour chaque surface dans la gamme de longueur d'onde de texture 2–3500 mm.

On a établi la régression entre, d'une part, les données relatives à la consommation de carburant pour chaque vitesse et pour la moyenne des trois vitesses et, d'autre part, les données sur le spectre du profil de la texture. Les résultats montrent que :

1. La consommation de carburant varie dans une fourchette d'environ 11% de la surface la plus lisse à la plus rugueuse pour des longueurs d'onde de texture situées dans la gamme 0,6–3,5 m, et d'environ 7% pour des longueurs d'onde de texture dans la gamme 2–50 mm (macrotexture).
2. La corrélation entre la consommation de carburant et la texture atteint 0,90 (coefficient de corrélation) dans la gamme 0,6–3,5 m et diminue légèrement à des longueurs d'onde plus courtes, pour descendre à environ 0,60 à des longueurs d'onde égales aux dimensions maximales habituelles des gravillons routiers. Il apparaît par conséquent que la consommation de carburant est fortement influencée par les défauts d'uni de la route et la mégatexture, mais un peu moins par la macrotexture.
3. Une partie de l'influence de la mégatexture et de la macrotexture est due à une covariation avec les défauts d'uni de courte longueur d'onde, et les effets purs de chacune de ces textures, particulièrement la macrotexture, sont quelque peu inférieurs aux valeurs notées ci-dessus.
4. Des parties significatives des pertes peuvent se produire à des fréquences typiques du corps du véhicule et des résonances de vibration des roues et, par conséquent, être dissipées dans le système de suspension de la voiture.

5. La qualité de surface de la route a une grande influence sur la consommation de carburant des véchicules et le plus grand potentiel d'amélioration peut être le contrôle de la mégatexture et surtout des irrégularités routières de courte longueur d'onde. Il est également important de contrôler la macrotexture, au moins quand les vitesses de 60–70 km/h sont courantes. Les irrégularités de longueurs d'onde plus grandes n'ont pas été couvertes par cette recherche.

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE SURFACE DES CHAUSSEES SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT DES VEHICULES

H. W. du Plessis, A. T. Visser et P. C. Curtayne

De nombreux chercheurs ont étudié au fil des ans la relation entre les composantes des coûts d'exploitation des véhicules (CEV) et le caractéristiques des chaussées, mais de nombreuses questions restent à résoudre. En particulier, bien que la consommation de carburant doive être la composante la plus facile à modéliser, de grande variations existent entre les résultats rapportés. Aussi, une vaste expérience a été mise au point pour étudier les effets des caractéristiques de surface des routes sur la consommation de carburant, un premier pas vers l'établissement de relations CEV fiables pour les conditions rencontrées en Afrique du Sud. Une voiture particulière, deux camions de taille moyenne et deux bus ont été sélectionnés pour des essais en roue libre dans le but de déterminer la résistance au roulement sur une série de sections routières, couvrant l'éventail des conditions de surface rencontrées localement. Les modèles développés prédisent qu'à vitesse constante sur route plane, les caractéristiques de surface de la route peuvent influencer jusqu'à 7% la consommation de carburant des voitures particulières et jusqu'à 20% celle des camions et bus. Il est estimé que ces modèles peuvent être utilisés avec confiance dans la pratique, vu la nature étendue de l'expérience.

MESURE DE LA RESISTANCE AU ROULEMENT AU MOYEN D'UNE ROUE OSCILLANTE EXCENTRIQUEMENT LESTEE

B. J. Hill

Les pertes d'énergie liées à la résistance au roulement des pneus sont influencées par un nombre de facteurs comprenant la texture superficielle de la route, le type et la construction du pneu, la température, la pression du pneu et le poids du véhicule. Les principales méthodes couramment utilisées pour mesurer la résistance au roulement des pneus sont l'essai au tambour rotatif, et les essais en roue libre où le véhicule peut descendre d'une vitesse à une autre sur une distance connue. Ces méthodes présentent des inconvénients, la première étant coûteuse et difficile à utiliser pour comparer différentes textures superficielles de chaussées, tandis que la seconde n'offre pas la résolution nécessaire pour détecter de petites variations de résistance au roulement. Il existe de toute évidence un besoin pour une méthode simple de mesure pouvant être utilisée tant en laboratoire que sur le terrain pour comparer les pertes d'énergie liées à différents pneus utilisés sur une gamme de textures superficielles.

La méthode décrite a été spéficiquement mise au point pour aider à choisir les pneus à

utiliser sur un véhicule spécialement conçu pour le Marathon kilométrique Shell où le but est de consommer la plus petite quantité de carburant sur une distance déterminée. Avec un véhicule aussi léger, une haute résolution était nécessaire pour comparer les différents pneus qui étaient considérés. La méthode utilise une paire de roues reliées par un axe fixe sur lequel est monté un poids excentrique variable. L'axe et le poids excentrique sont déplacés et peuvent osciller. En mesurant le changement d'amplitude de l'assemblage lorsqu'il oscille en avant et en arrière, on peut déterminer la variation de l'énergie potentielle du poids en déséquilibre. La perte d'énergie potentielle peut être rapportée à la perte d'énergie due à la résistance au roulement à faible vitesse. Il s'est avéré que la méthode fournissait des résultats reproductibles et était capable de donner une résolution parmi un nombre de pneus de vélo de course considérés pour le Marathon kilométrique.

La méthode de la roue oscillante a également été testée en utilisant une paire de pneus de voiture à pli radial sur différentes surfaces routières. Celles-ci comprenaient un béton bien usé, un béton rugueux, de l'asphalte et une surface en pierres arrondies. Une nouvelle fois, il s'est avéré que le procédé permettait une distinction entre les surfaces sur la base d'une gamme de poids et de pressions de pneumatiques.

Il est conclu que la méthode de la roue oscillante est utile pour déterminer les pertes de la résistance au roulement en laboratoire et sur le terrain et est capable de donner la résolution de petites variations des pertes dues à des changements dans les paramètres appliqués.

OPTIMISATION DES CARACTERISTIQUES DE SURFACE DES ROUTES

E.-U. Hiersche

Au cours des dernières années, les activités de recherche menées en République Fédérale d'Allemagne concernant les caractéristiques de surface se sont principalement concentrées sur la maximisation ou minimisation de caractéristiques isolées de surfaces routières. Actuellement, l'optimisation de toutes les caractéristiques de surface des chaussées dans un ensemble se voit accorder la priorité, en tant que but effectif dans le cadre d'un programme de recherche. La présente contribution décrit les influences, les caractéristiques de base, les caractéristiques dérivées et les objectifs pour un processus d'optimisation, ainsi que leurs nombreuses relations mutuelles. Une hiérarchie de ces relations est également donnée.

ANALYSES ET EVALUATION DES PERFORMANCES DES ENROBES DRAINANTS EXPERIENCE ESPAGNOLE

F. E. Pérez-Jiménez et M. A. Calzada Pérez

L'utilisation des enrobés drainants dans les couches d'usure pour améliorer la sécurité et le confort du trafic, a augmenté dans notre pays depuis 1980, date à laquelle les premières sections expérimentales ont été construites.

Les enrobés drainants ont été utilisés dans un éventail d'applications, allant des routes locales aux autoroutes. Ils ont été utilisés pour le revêtement de carrefours, ainsi que pour les routes urbaines et les routes interurbaines de tronc commun, indépendamment du climat et du type de trafic. Dans tous les cas, les résultats ont été satisfaisants et parfois, ces mélanges ont résolu des problèmes de sécurité et d'uni de surface que les technologies conventionnelles ne permettaient pas de résoudre de manière satisfaisante.

L'élimination rapide des eaux de surface rend les enrobés drainants particulièrement utiles

dans les zones de pluies importantes et fréquentes, ainsi que sur les sections où les vitesses de circulation sont élevées. D'autres avantages ont été vérifiés, tels que réduction du brouillard d'eau, meilleure visibilité de nuit et diminution du bruit.

Avant l'utilisation effective de ce type d'enrobés en 1979, la Direction Générale des Routes a chargé le Département des Routes et Aérodromes de l'Ecole de Génie Civil de Santander, de procéder à des recherches sur la formulation et d'autres aspects de ce matériau vis-à-vis de son utilisation en couches d'usures pour trafic lourd.

Les recherches menées sur les enrobés drainants au Département des Routes et Aérodromes ne se sont pas bornées à des études des caractéristiques en laboratoire, mais elles ont également constitué le point de départ de la construction de sections expérimentales dont le comportement a été suivi.

Le suivi et contrôle de ces sections expérimentales a été possible grâce à la mise au point d'un perméamètre spécial à charge variable — le perméamètre LCS — qui a permis de mesurer d'une manière simple la perméabilité des revêtements in situ.

Enfin, l'analyse du comportement des sections expérimentales et les recherches en laboratoire sur les caractéristiques des enrobés drainants ont permis d'établir des principes et des prescriptions extrêmement utiles pour la conception et l'utilisation de ces mélanges.

Nous devrions présenter, au premier Symposium international sur les caractéristiques de surface, les analyses et l'évaluation des performances de ces sections expérimentales ainsi que l'étude en laboratoire sur les enrobés drainants.

ECLABOUSSURES ET BROUILLARD D'EAU

G. B. Pilkington II

Les phénomènes aérodynamiques des éclaboussures et du brouillard d'eau, comme la faible résistance au dérapage des chaussées, ne sont évidents que lorsque la chaussée est humide. Toutefois, contrairement à la faible résistance au dérapage des chaussées, les éclaboussures et le brouillard d'eau sont identifiables séparément :

1. Les éclaboussures résultent de l'action mécanique d'un pneu de véhicule éjectant l'eau de sa trajectoire. Les éclaboussures sont généralement définies comme des gouttes d'eau d'un diamètre supérieur à 1,0 mm qui suivent une trajectoire balistique s'écartant du pneu.
2. Le brouillard d'eau se produit quand des gouttelettes d'eau, d'un diamètre généralement inférieur à 0,5 mm et suspendues dans l'air, se forment après que l'eau ait heurté une surface lisse et se soit atomisée.
   Plusieurs facteurs doivent être présents :
   a. l'eau sur la trajectoire du pneu : plus le film d'eau est épais, plus la quantité d'éclaboussures et de brouillard qui en résulte est grande,
   b. les caractéristiques de surface de la chaussée : des films d'eau plus épais sont retenus sur les surfaces non poreuses, et
   c. des masses d'air turbulentes se déplaçant à grande vitesse, produites par la combinaison de la configuraiton et de la vitesse du véhicule.

La recherche menée par la FHWA sur les éclaboussures et le brouillard d'eau a porté sur les points suivants : simulation de conduite dans un tunnel aérodynamique, composant en vraie grandeur, configuration du véhicule, évaluations de contre-mesures sur pistes d'essai et analyses coûts-efficacité. Elle a donné les résultats suivants :

1. Simulation de conduite : un conducteur ne perdra pas le contrôle de son véhicule à cause d'une baisse temporaire de visibilité due au brouillard d'eau, masse d'air turbulente maintenant les gouttelettes d'eau en suspension.

2. Tunnel aérodynamique : zone où le brouillard d'eau sera le plus dense; écoulement à l'avant du véhicule, autour des roues et aux ouvertures.
3. Evaluations de composants en vraie grandeur. Les éclaboussures sont formées par l'eau éjectée par le pneu vers l'avant (onde antérieure), vers le côté (onde latérale) et vers l'arrière (évacuation par les sculptures). Le brouillard d'eau est formé par l'eau que le pneu a collectée par adhésion capillaire et qui s'enlève du pneu dans sa rotation et s'atomise en percutant le châssis du véhicule. Les éclaboussures, provoquées par le pneu, qui percutent le châssis du véhicule s'atomiseront également et contribueront au brouillard d'eau; toutefois, l'eau collectée par les sculptures constitue à elle seule la principale contribution au brouillard d'eau.
4. Evaluations de la configuration en vraie grandeur. Elles ont confirmé les résultats du tunnel aérodynamique.
5. Evaluations de contre-mesures en vraie grandeur. Le brouillard d'eau peut être réduit efficacement par des contre-mesures installées sur le véhicule, telles que déflecteurs, bavettes, etc. qui réduisent la taille de la masse d'air turbulente.
6. Analyses coûts-efficatié. Les contre-mesures installées sur les véhicules sont rentables tant au niveau régional qu'au niveau annuel. Toutefois, tout comme pour l'amélioration de la résistance au dérapage, les contre-mesures les plus efficaces et globales pour réduire les éclaboussures et la formation de brouillard d'eau sont celles aplliquées à la surface de la chaussée pour réduire la quantité d'eau dans la trajectoire du pneu.