

Auscultation en temps réel d'un revêtement routier

Autor(en): **Pflug, Léopold / Oesch, Serge**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **109 (1983)**

Heft 22

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74997>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Remerciements

L'étude présentée est le fruit d'un travail de collaboration auquel ont participé, outre les signataires, les membres suivants du projet DUTI: MM. Ch. Bonnard, chef du projet; X. Morisod, mesures inclinométriques; A. Parriaux, hydrogéologie; Ph. Viredaz, géophysique; M. Walter, hydrologie, climatologie.

Nous leur exprimons notre gratitude.

bles à celles enregistrées durant les deux années qui ont précédé l'événement, et cela malgré les pluies très importantes du mois de mai et les niveaux piézométriques très défavorables relevés durant cette période.

Il est donc permis de conclure en disant que le problème posé par le glissement de la Chenaula se trouve être moins grave et plus facile à résoudre après la débâcle d'avril qu'avant celle-ci. Par ailleurs, l'étude menée par le groupe DUTI de l'Ecole polytechnique fédérale

de Lausanne montre qu'il est possible, grâce à une instrumentation bien conçue et une analyse continue des informations, de suivre l'évolution d'un glissement de terrain et de "voir venir" une phase critique. Faute de pouvoir véritablement prévoir une telle phase (facteur météorologique, précision dans la connaissance des propriétés des matériaux), le constat d'un accroissement anormal des vitesses peut être utilisé comme moyen d'alerte et mériterait de ce fait d'être pris très au sérieux dans d'autres cas analogues justifiant ou nécessitant une action préventive.

Pour cela, un appareil Géonor H12 à vitesse variable a été utilisé. Les résultats correspondants figurent aussi dans le tableau 6.3; ils ne paraissent pas beaucoup diverger dans le cas présent des valeurs correspondantes obtenues par cisaillement direct.

Les sols analysés, qui peuvent tous être désignés comme des argiles à limite de liquidité élevée (CH selon la classifica-

tion USCS), apparaissent dans leur ensemble assez homogènes. Ils sont tous saturés à sursaturés; leur granulométrie est assez étendue, les tamisats inférieurs à 0,02 mm représentant une fraction de 20% à 70%, avec une moyenne de 55%.

Adresses des auteurs:

Théophile Engel
Ing. géom. dipl. EPFL
EPFL — Institut de géodésie
et mensuration
33, avenue de Cour
1007 Lausanne

Francis Noverraz
Géologue dipl. UNIL
EPFL — Laboratoire de géologie
ISRF, DGC, Ecublens
1015 Lausanne

Franco Oboni
Ing. civ. dipl. EPFL
EPFL — Laboratoire de mécanique
et des sols
ISRF, DGC, Ecublens
1015 Lausanne

Auscultation en temps réel d'un revêtement routier

par Léopold Pflug et Serge Oesch, Lausanne

Les automobilistes empruntant l'autoroute de contournement de Lausanne (N9, tronçon Vennes-Crissier) ont pu, jusqu'à ces derniers temps, constater des irrégularités sensibles de la chaussée, notamment de la voie normale (piste de droite). Le sentiment de flottement s'accompagne d'un danger réel par temps de pluie, du fait de la profondeur de l'eau s'accumulant dans les ornières. L'article qui suit quantifie de façon impressionnante ces déformations. Au moment où les avis s'opposent quant à la part des poids lourds dans le compte routier, on accueillera avec le plus grand intérêt ces résultats irréfutables (contrairement à certaines affirmations d'experts minimisant les dégâts dus aux poids lourds).

Il paraît dorénavant impossible de prétendre que les poids lourds paient plus que leur part à l'entretien du réseau routier, au vu des dégâts occasionnés sur un tronçon relativement récent et des frais de réfection en résultant. On dispose là d'un cas exemplaire: souhaitons qu'il en soit tenu compte dans les futures discussions sur la part des poids lourds dans le compte routier pour balayer les affirmations optimistes des avocats de cette catégorie d'utilisateurs de notre réseau routier.

Jean-Pierre Weibel

1. Introduction

Responsable non seulement de construire des routes selon les règles de l'art, l'ingénieur doit encore en assurer l'exploitation et l'entretien de manière optimale.

Dans ce domaine, la fréquence et l'ampleur des travaux sont basés notamment sur l'observation de l'aspect et de la forme du revêtement, observation qui doit être objectivée par un certain nombre de grandeurs quantifiables.

L'évolution de la qualité d'un revêtement ou d'une surface de roulement au cours du temps peut être appréciée

grâce à l'observation de sa topographie ainsi qu'au tracé du profil en travers.

Le degré de déformation ou d'usure de la chaussée, et partant sa conformité aux normes en vigueur, est caractérisé en chaque profil à l'aide de deux paramètres importants: la profondeur d'ornière (T) et la profondeur d'eau (t), définies dans la norme SNV 640520a.

Pour l'ingénieur responsable de l'entretien d'un réseau routier, la perception de ces paramètres et de leur évolution, continue dans l'espace et périodique dans le temps, constitue un outil de première importance. A cet effet, il souhaite disposer d'un appareil d'auscultation à haut rendement, permettant des

mesures à faible prix de revient et adaptées au traitement automatique de l'information [1]¹.

Dans cet esprit, notre laboratoire a proposé puis développé un dispositif de mesure optique de la topographie fine d'un revêtement routier. Ce relevé de la topographie, effectué de manière continue et en temps réel, permet à l'opérateur de choisir les profils en travers qui lui paraissent significatifs, limitant par là même les opérations de dépouillement et concentrant la restitution des profils en travers sur les zones les plus sollicitées.

2. Description de la méthode

La méthode mise en œuvre est basée sur le principe du moiré et consiste à superposer un réseau témoin et un réseau lié à la structure de manière à suivre intégralement la forme ou la déformation de la surface analysée [2, 3].

Dans le cas du moiré utilisé pour l'étude de la forme des revêtements routiers, le réseau lié à la surface est projeté sur la chaussée à partir d'une diapositive (fig. 1). L'image de ce réseau (R_f) est superposée au réseau témoin (R_t) au niveau du plan image du dispositif de prise de vue. Cette superposition donne naissance à des franges d'interférences qui représentent, pour une configuration appropriée du montage optique, les lignes de niveau de la surface examinée. En choisissant judicieusement les paramètres géométriques, on obtient les lignes de niveau par rapport à un plan fixé à l'avance. Cette particularité permettra de mettre en évidence de faibles variations de cotes par rapport au plan

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

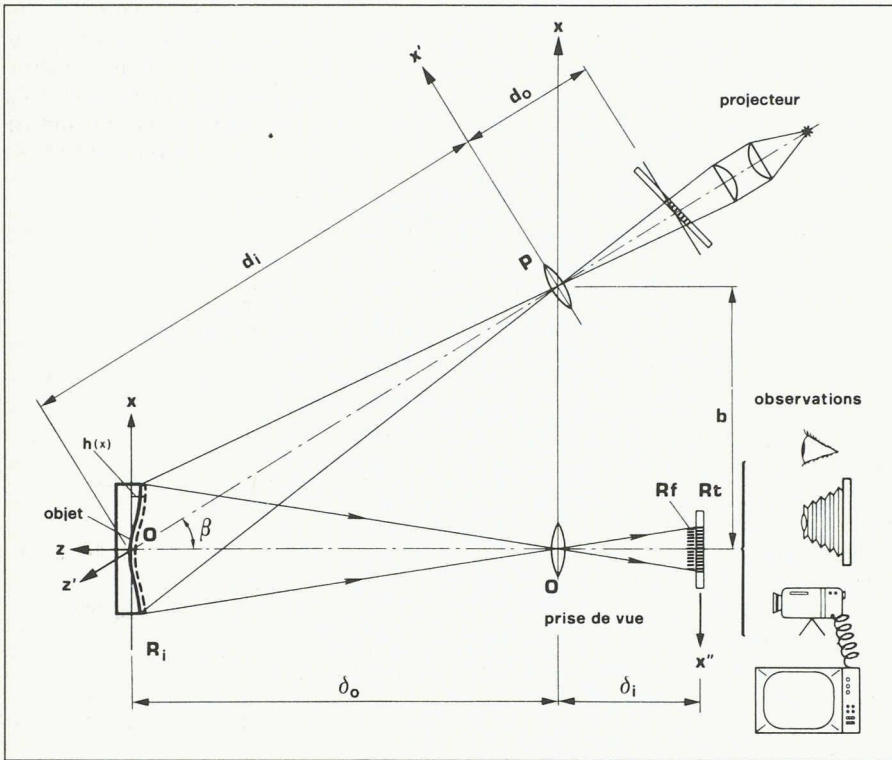


Fig. 1. — Principe de la mesure.

d'origine, grâce à un découpage optique de la surface analysée par un ensemble de N plans obliques (fig. 2). Ce découpage oblique joue donc le rôle d'un amplificateur des défauts géométriques de la chaussée.

La précision et la sensibilité de la méthode ont fait l'objet d'une étude approfondie comportant une phase théorique et une phase de vérifications expérimentales. A titre d'exemple, la figure 3a montre un relevé d'ornièrre exécuté sur

la piste d'essai construite dans la halle de l'IMAC. La comparaison avec la mesure mécanique (fig. 3b) témoigne d'une bonne concordance entre les valeurs obtenues à l'aide de la méthode proposée et celles provenant de la mesure directe au moyen de comparateurs.

Il faut toutefois mentionner que cette précision sera moins bonne lors de mesures dynamiques réalisées in situ. L'expérience montre cependant qu'elle reste suffisante pour les besoins de la pratique.

3. Description du dispositif de mesure

Un appareil de mesure, fonctionnant selon le principe schématisé dans la figure 1, a été construit de manière à permettre l'observation d'une tranche de chaussée d'une largeur de 4 m, correspondant à une voie d'autoroute.

Dans le sens de la route, la longueur de la plage observée est de 1 m.

Ce prototype, embarqué sur le pont d'un camion, est monté sur un bâti rétractable. Lors des mesures, l'appareil est déployé et son gabarit restreint ne gêne pas le trafic rapide (fig. 4).

Un moniteur TV permet à l'opérateur de suivre en continu l'évolution des ornières au cours de leur enregistrement. Simultanément, l'appareil enregistre l'hectométrage et le dévers.

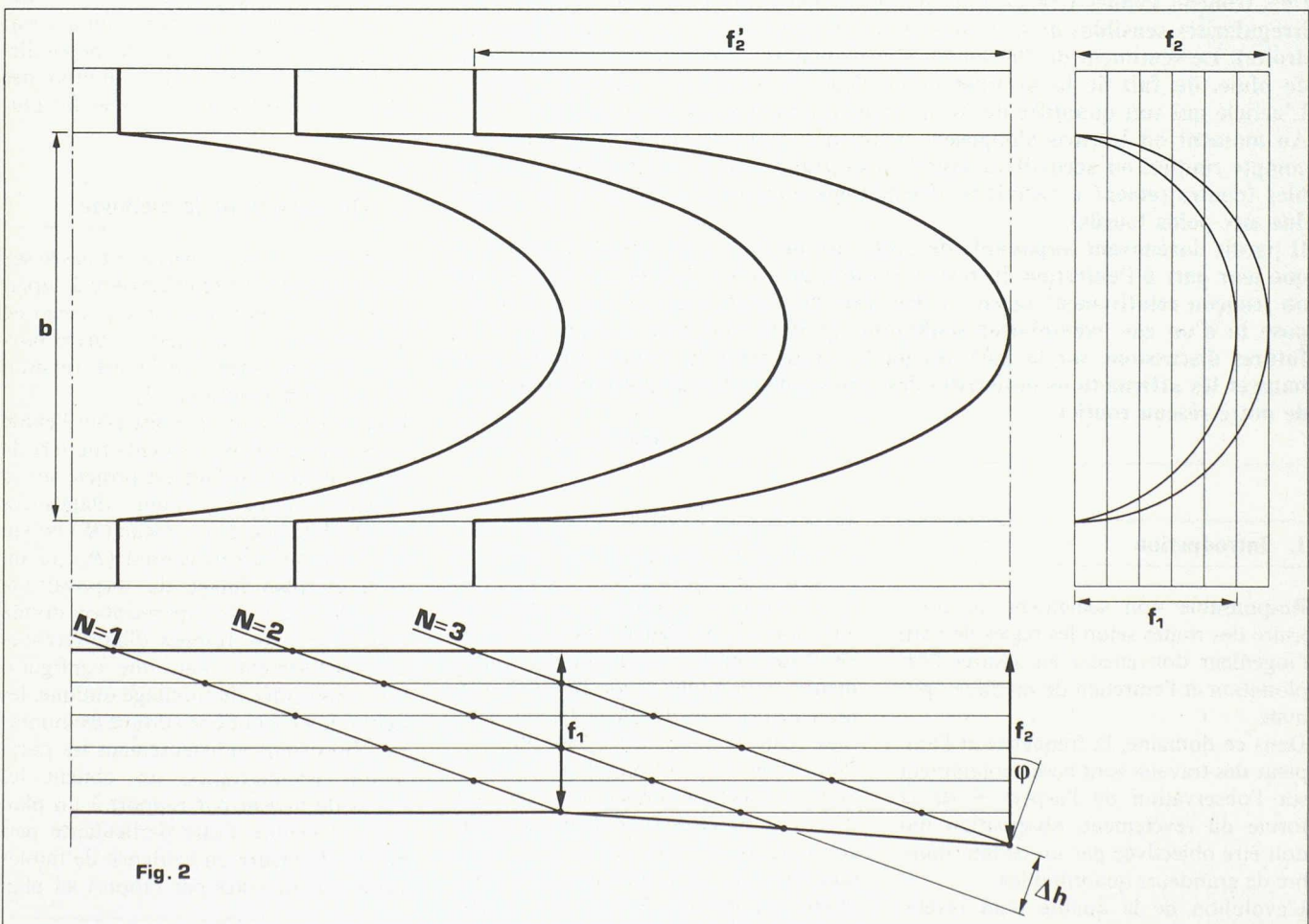
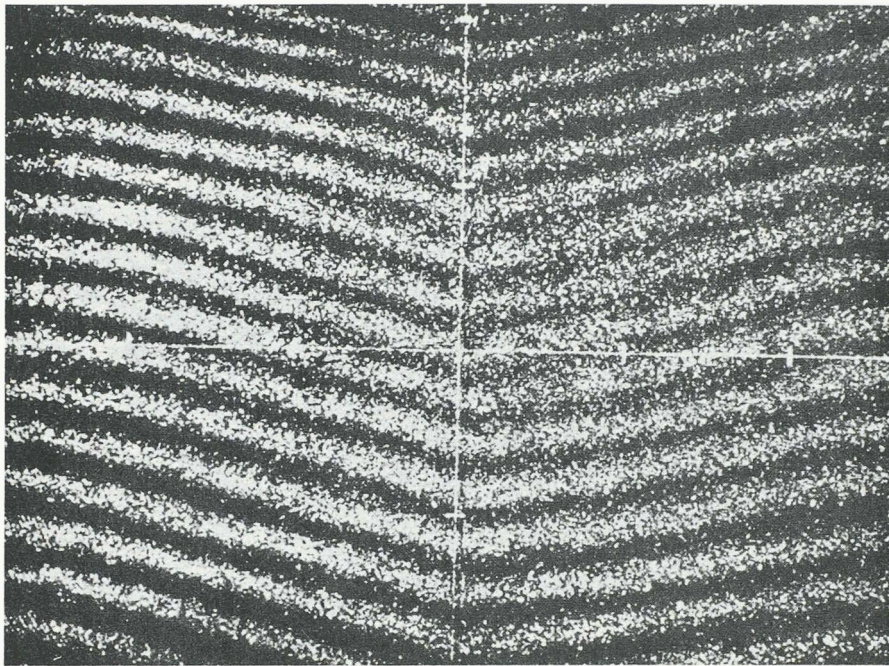
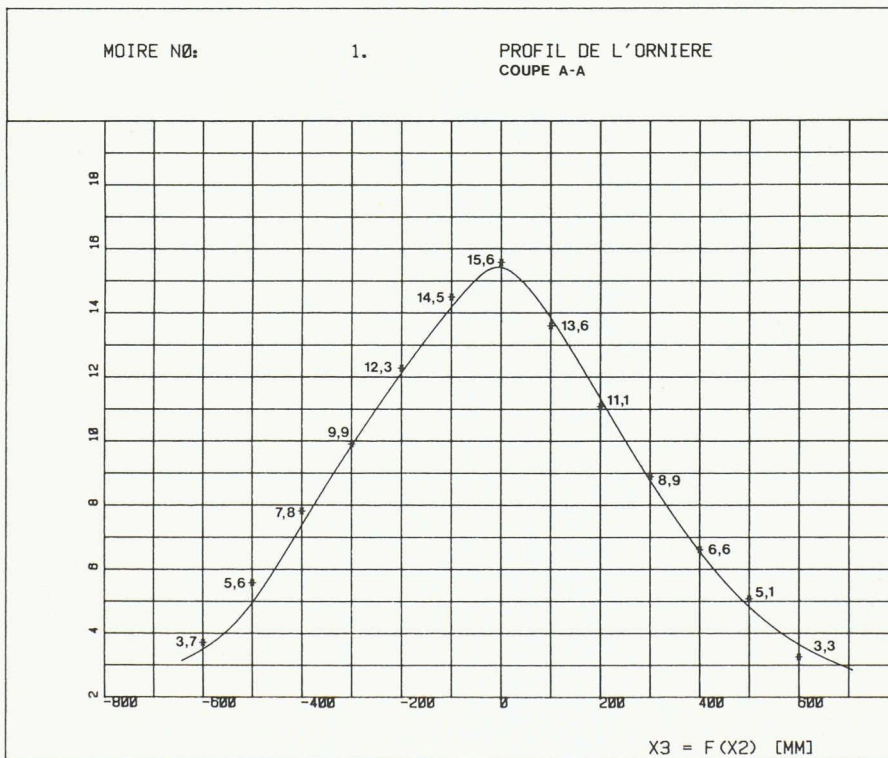


Fig. 2

Fig. 2. — Découpage de la surface par un ensemble de plans obliques.



a) Relevé photographique.



b) Mesure mécanique de la même ornière.

Fig. 3. — Profil de l'ornière.

En renonçant à un relevé à haute vitesse, il est possible de réduire considérablement l'effet de la force centrifuge dans les virages, de sorte que le dévers peut être déterminé avec une précision suffisante au moyen d'un inclinomètre. Pour une vitesse de 20 km/h et un rayon horizontal de 900 m, ce mode opératoire introduit une erreur absolue sur l'estimation de la pente, inférieure à 0,5%, ce qui est sans inconvénient pour les besoins de la pratique.

A titre d'exemple, on a reporté, sur la figure 5, le relevé du dévers sur l'un des deux tronçons d'environ 3 km de l'autoroute N9 aux environs de Chexbres.

Aux fins de comparaison, on a également fait figurer, en trait fin, les dévers prévus dans le projet; on notera avec in-

TABLEAU I: Caractéristiques principales mesurées

Sens de parcours	Profondeur d'ornière maxima <i>T</i> [mm]	Fréquence des ornières		Profondeur d'eau maxima <i>t</i> [mm]	Fréquence des profondeurs d'eau <i>t</i> ≥ 4 mm
		<i>T</i> ≥ 10 mm	<i>T</i> ≥ 20 mm		
Crissier-Vennes (montée)	38	51	15	24	25
Vennes-Crissier (descente)	23,9	51	3	11,7	21

Remerciements

Au terme de cette brève présentation, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à M. H. Vonlanthen, ingénieur en chef du bureau des autoroutes vaudoises, et M. B. Graf, ingénieur, chef du laboratoire des essais du bureau des autoroutes vaudoises, responsables de l'entretien du réseau des autoroutes vaudoises, pour leurs avis de praticiens expérimentés, avis qui ont contribué pour une part appréciable à la mise en service du prototype d'appareillage présenté ici.

térêt que la différence maximale entre ces deux valeurs n'excède pas 0,5%.

L'ensemble de ces informations (topographie, dévers, hectométrage) est stocké au fur et à mesure sur bande vidéo. Celle-ci sera examinée ultérieurement par l'ingénieur responsable de l'entretien de l'autoroute; au cours de cet examen, le praticien localisera les zones significatives quant au type ou à l'ampleur des défauts et pourra établir les profils en travers à partir de la carte topographique fournie par les lignes de niveau.

Le tracé de ces profils en travers s'effectue de manière automatique. Le programme de dessin, réalisé selon les vœux de l'utilisateur, détermine la profondeur d'ornière *T* et la profondeur d'eau *t* et précise également l'hectométrage du profil et sa pente transversale. La figure 6 montre l'épure d'un profil significatif de l'autoroute N9 de contournement de Lausanne.

Avec un peu d'exercice, le praticien peut déterminer les valeurs de *T* et *t* directement sur l'écran du moniteur et ceci à 10% près. Ce mode opératoire, particulièrement rapide, nous paraît très prometteur.

4. Premiers résultats

Une série de mesures ont été effectuées en décembre 1982 sur 16 km de l'autoroute de contournement de Lausanne, ceci afin de contrôler l'état d'usure de la voie droite de la chaussée. A partir de l'enregistrement des franges de moiré, environ 120 profils en travers ont été tracés, ce qui a permis de mettre en évidence des profondeurs d'ornière allant jusqu'à 38 mm et des profondeurs d'eau jusqu'à 24 mm. Ce tronçon particulière-

Bibliographie

- [1] L. PFLUG, *Une méthode de moiré au service de l'ingénieur routier*. Bulletin technique de la Suisse romande, n° 26, décembre 1977.
- [2] L. PIRODDA, *Principi e applicazioni di un metodo fotogrammetrico basato sull'impiego del moiré*. Rivista di Ingegneria, n° 12, décembre 1969.
- [3] J.-P. COLLET, J. MARASCO, L. PFLUG, *Le moiré d'ombre: une méthode expérimentale et ses possibilités*. Bulletin technique de la Suisse romande, n° 9, 25 avril 1974.

ment exposé au trafic des poids lourds et très ensoleillé présentait donc de fortes altérations du profil initial et a été réparé au cours de l'été 1983.

Le tableau 1 résume les principales caractéristiques de l'amplitude et de la fréquence des grandeurs *T* et *t*.

Il fait clairement apparaître l'importance et la fréquence élevée des défauts.

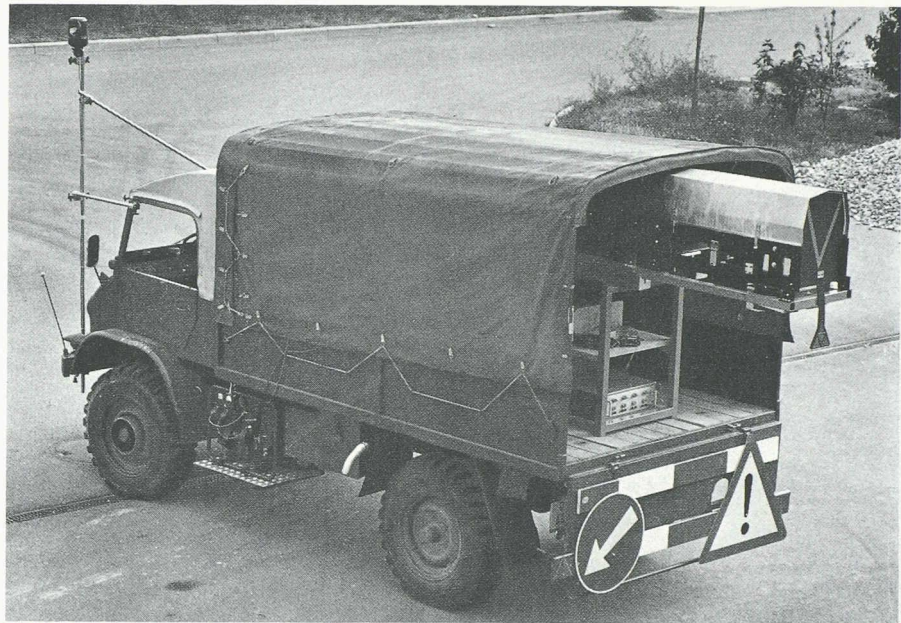


Fig. 4. — Le véhicule équipé pour la mesure.

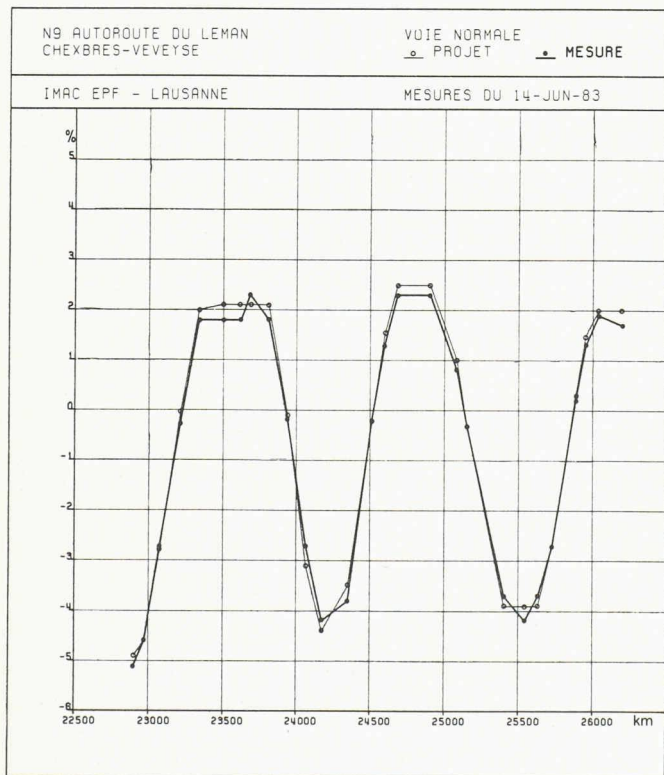


Fig. 5. — Comparaison des dévers.

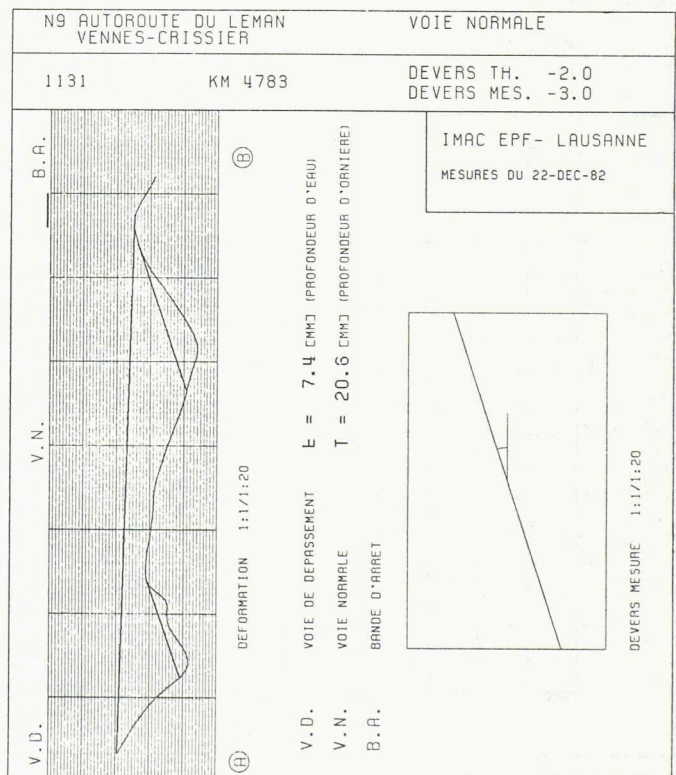


Fig. 6. — Profil significatif du tronçon de la N9 utilisé pour l'expérimentation.

5. Conclusion

Pour assurer la maintenance d'un réseau routier, le praticien doit disposer en permanence des facteurs et des outils nécessaires à sa gestion. Cette information doit être disponible sous une forme concise et immédiatement accessible. La méthode du moiré de projection apporte à cette tâche les avantages des mé-

thodes optiques en temps réel; elle permet en effet d'obtenir, sans contact mécanique avec la surface analysée, un relevé continu de la topographie fine de la chaussée.

A partir de cette topographie, l'ingénieur responsable de l'entretien d'un réseau routier pourra choisir, dans les zones les plus sollicitées, les profils en travers qui donneront les valeurs réelles des profondeurs d'ornière et des pro-

fondeurs d'eau; ces valeurs pourront alors être comparées avec les limites fixées par la norme SNV 640521a (placé, exigences).

Adresse des auteurs:
Léopold Pflug, professeur EPFL
Serge Oesch, ing. dipl. EPFZ,
EPFL-IMAC
1015 Lausanne